proLékaře.cz | 5.10.2026

LEVOSIMENDAN A RENÁLNÍ FUNKCE

F. Málek, P. Ošťádal, A. Krüger, D. Vondráková, J. Matoušková, P. Neužil

Souhrn

Pacienti se srdečním selháním mají často snížené renální funkce, zhoršení ledvinných funkcí má negativní prognostický význam a renální dysfunkce je také limitujícím faktorem úspěchu optimální farmakoterapie. Krátkodobý příznivý renoprotektivní efekt levosimendanu byl prokázán v hemodynamických studiích. Další práce pak prokázaly, že příznivý efekt levosimendanu na renální funkce může být dlouhodobý. Tento účinek je vysvětlován řadou mechanizmů, kromě redistribuce krevního toku v ledvinách a venodilatačním efektem je to také protizánětlivý účinek levosimendanu.

Klíčová slova

srdeční selhání – levosimendan – renální funkce

Abstract

Levosimendan and renal function. Decreased renal function is usually observed in patients with heart failure, the impaired kidney functions have a negative impact on the outcome and renal dysfunction is a limiting factor for the effect of optimal medical therapy. A short-term renoprotective effect of Levosimendan was shown in hemodynamic studies. Other studies confirmed that the positive effect of Levosimendan on the kidney function is long-term. This effect is explained by several mechanisms of action; besides redistribution of renal blood flow, Levosimendan also has an anti-inflammatory effect.

Keywords

heart failure – Levosimendan – renal function

Úvod

Levosimendan patří do skupiny kalciových senzitizérů, které regulují kontraktilitu zvýšením vazebné afinity troponinu C k vápníku. Kromě toho vedou tyto léky ke stabilizaci konformace komplexu troponin C-kalcium bez zvýšení vazebné afinity troponinu C k vápníku [1–3]. Tím se levosimendan liší od látek, které ovlivňují kontraktilitu za cenu nadbytku intracelulárního kalcia. Léky zvyšující kontraktilitu za cenu zvýšení buněčného kalcia účinkují prostřednictvím druhého posla cyklického adenozinmonofosfátu (cAMP) nebo nezávisle na účinku cAMP (digoxin). Do skupiny pozitivně inotropních léků účinkujících prostřednictvím cAMP patří agonisté beta receptorů sympatiku (např. dobutamin) a selektivní inhibitory fosfodiesterázy III (např. milrinon). Tyto léky jsou také používány v terapii pacientů s těžkým srdečním selháním [4,5].

Hemodynamické studie srovnávající levosimendan (LS) s dobutaminem prokázaly krátkodobý příznivý efekt LS na renální funkce [6]. Pacienti se srdečním selháním mají často snížené renální funkce a pokles ledvinných funkcí má negativní prognostický význam [7]. U pacientů s akutním srdečním selháním má 30 % jedinců významné snížení ledvinných funkcí. U pacientů s chronickým srdečním selháním (CHSS) mělo podle některých autorů clearance kreatininu < 30 ml/min 39 % nemocných ve funkční třídě NYHA IV a 31 % jedinců ve třídě NYHA III [8,9].

Pokles ledvinných funkcí je tedy u pacientů se srdečním selháním významným a nezávislým rizikovým faktorem mortality. Snížení renálních funkcí se vyskytuje u pacientů s CHSS častěji než u nemocných s kardiovaskulárním onemocněním a normální srdeční funkcí. Je také známo, že stupeň snížení renálních funkcí je silnějším ukazatelem rizika úmrtí než poškození srdeční funkce hodnocené ejekční frakcí levé komory (EF LK) a funkční třídou NYHA. Stupeň poškození renálních funkcí je rovněž na EF LK nezávislý [10–12].

Farmakologické vlastnosti levosimendanu

Levosimendan má kromě pozitivně inotropního účinku, kterého je dosaženo stabilizací konformace komplexu troponin C-vápník, také účinek vazodilatační. Levosimendan se váže s vysokou afinitou k troponinu C, senzitizace kontraktilního aparátu je závislá na koncentraci kalcia a děje se v systole, takže pozitivně inotropního efektu je dosaženo bez ovlivnění diastolické relaxace [1].

Vazodilatační účinek levosimendanu je zprostředkován otevřením draslíkových kanálů hladkých svalových buněk žil i arteriol. Levosimendan má i slabou inhibiční aktivitu vůči fosfodiesteráze III *in vitro*, v terapeutických dávkách není tento efekt přítomen.

Levosimendan má nepřímý antiischemický efekt. Toho je dosaženo jak snížením spotřeby kyslíku v myokardu při snížení preloadu a afterloadu selhávajícího myokardu, tak přímou koronární vazodilatací. Levosimendan zvyšuje v terapeutických dávkách tepovou frekvenci a tento efekt je závislý na dávce. Pozitivně chronotropního účinku je dosaženo jak nepřímo reflexním zvýšením aktivity sympatiku jako odpovědi na snížení plnících tlaků, tak přímým účinkem levosimendanu na zkrácení zotavovacího času sinusového uzlu. Chronotropní účinek levosimendanu však není spojen se zvýšením rizika arytmií ani s nepříznivým efektem na variabilitu srdeční frekvence [13]. U pacientů s těžkou srdeční insuficiencí snižuje levosimendan koncentrace endotelinu-1 a nezvyšuje koncentrace noradrenalinu [14].

Biologická dostupnost levosimendanu je vysoká (85 %). Levosimendan je rychle distribuován a ustáleného stavu je při intravenózní aplikaci dosaženo do 4 hod při infuzi konstantní dávkou látky. Většina (97 %) látky se váže na plazmatické bílkoviny, zejména albumin, eliminační poločas léku je 1 hod. Eliminace levosimendanu se děje konjugací s následným vyloučením látky stolicí a močí. Malá část (5 %) levosimendanu je metabolizována na aktivní metabolit OR 1896, který má eliminační poločas až 80 hod a jeho farmakologický účinek přetrvává jeden týden. Tvorba aktivního metabolitu je však velmi pomalá, maximálních koncentrací OR 1896 je do-

proLékaře.cz | 5.10.2026

saženo s odstupem po skončení 24hodinové infuze levosimendanu. Renální nebo jaterní insuficience neprodlužují eliminaci levosimendanu ani jeho aktivního metabolitu. Efekt levosimendanu není zatížen vznikem tolerance a po přerušení kontinuální infuze nebyl pozorován hemodynamický rebound fenomén [15].

Hemodynamický účinek levosimendanu

Hemodynamický účinek levosimendanu u pacientů s chronickým srdečním selháním byl zkoumán v několika klinických studiích. V práci Nieminena et al studovali autoři hemodynamický účinek různých dávek levosimendanu u 151 pacientů s CHSS NYHA II–IV ischemické etiologie. Autoři prokázali, že kontinuální 24hodinová infuze levosimendanu v dávce 0,05–0,2 mg/kg/min, které předcházelo 10minutové podání bolusu látky 6–24 mg/kg, je spojena s významných snížením tlaku v plicnici v zaklínění (pressure wedge – PW), významným zvýšením tepového výdeje (stroke volume – SV) a minutového srdečního výdeje (cardiac output – CO) ve srovnání s placebem ($p < 0,001$ pro všechny dávky). Hemodynamické měření bylo provedeno na konci 24hodinové kontinuální infuze [16]. Krátkodobý hemodynamický a klinický účinek vzestupné dávky levosimendanu byl zkoumán ve studii 146 pacientů s CHSS NYHA III–IV, s průměrnou ejekční frakcí levé komory (EF LK) 21 %, PW > 15 mmHg a srdečním indexem (cardiac index – CI) < 2,5 l/min/kg^2. Pacienti byli randomizováni k placebu nebo terapii levosimendanem v úvodní dávce 0,1 mg/kg/min, které předcházel bolus 6 mg/kg s postupným zvyšováním dávky každou hodinu o 0,1 mg/kg/min do cílové dávky 0,4 mg/kg/min (každému zvýšení opět předcházel bolus 6 mg/kg levosimendanu). Práce prokázala významný, na dávce závislý krátkodobý účinek levosimendanu oproti placebu, kdy dávky od 0,2 mg/kg/min výše vedly k signifikantnímu zvýšení CI, poklesu PW, snížení tlaku v pravé síni (right atrial pressure – RA) a tlaku v plicnici (pulmonary artury – PA). Snížení PW o ≥ 25 % jako primárního cíle studie bylo v 6. hod hemodynamického měření dosaženo u 43 % pacientů léčených levosimendanem a u 15 % nemocných na placebu ($p < 0,001$), zvýšení SV o ≥ 25 % bylo dosaženo u 56 % pacientů na terapii levosimendanem vs 4 % nemocných na placebu ($p < 0,001$). Studie hodnotila také efekt levosimendanu na symptomatologii, kdy aktivní terapie byla spojena s významným snížením dušnosti ($p = 0,037$ ve srovnání s placebem), větší procento pacientů léčených levosimendanem také popisovalo zmírnění únavy ($p = 0,057$) [17].

Hemodynamický účinek levosimendanu byl porovnán se standardně používaným dobutaminem ve studii LIDO (Levosimendan Infusion vs Dobutamine Study). Z celkového počtu 203 nemocných s akutním zhoršením pokročilého CHSS bylo 103 pacientů randomizováno k terapii levosimendanem (bolus 24 mg/kg/ 10 min a kontinuální infuze 0,1 mg/kg/min) a 100 pacientů dostalo dobutamin v dávce 5 mg/kg/min během 24 hod. Primárního cíle, tj. snížení PW o ≥ 25 % nebo zvýšení CI o ≥ 30 % za 24 hod, bylo dosaženo u 28 % pacientů léčených levosimendanem a u 15 % nemocných léčených dobutaminem ($p = 0,022$). Účinek levosimendanu na hemodynamiku byl větší než efekt dobutaminu a přetrvával na rozdíl od dobutaminu i za 6 hod po ukončení infuze. Tato studie přinesla překvapivé zjištění: během 180 dní zemřelo 26 % pacientů léčených levosimendanem a 38 % pacientů léčených dobutaminem a tento rozdíl byl statisticky významný ($p = 0,029$) [6].

Cílovou skupinou pro použití levosimendanu jsou pacienti s dekompenzovaným srdečním selháním na podkladě systolické dysfunkce levé komory se špatnou odpovědí na diuretickou terapii, u kterých je standardně používán dobutamin nebo milrinone. Optimální dávkou je podání bolusu 6 mg/kg s následnou kontinuální infuzí 0,1–0,2 mg/kg/min. Infuze by měla být podána minimálně 24 hod, což je doba dostatečná pro tvorbu aktivního metabolitu, který zaručuje prodloužený hemodynamický účinek levosimendanu [13]. Další pokračování infuze například do 48 hod již další efekt nepřináší. To ukázala práce Kivikka et al, kteří porovnávali hemodynamický efekt levosimendanu u pacientů s dekompenzovaným CHSS za 6, 24 a 48 hod. Dopad levosimendanu na zvýšení SV a snížení PW mezi 24. a 48. hod hemodynamické monitorace již nebyl rozdílný [18].

Účinek levosimendanu na renální funkce

Již ve studii LIDO byl prokázán krátkodobý příznivý efekt levosimendanu na parametry renálních funkcí [6]. Infuze s levosimendanem vedla na rozdíl od dobutaminu k poklesu koncentrace kreatininu.

Dlouhodobý příznivý efekt levosimendanu (LS) na ledvinné funkce se pokusila prokázat studie Zemljice et al [19]. Cílem bylo zjistit, zda jednorázové podání levosimendanu povede ke zlepšení ledvinných funkcí u pacientů s pokročilým srdečním selháním čekajících na ortotopickou transplantaci srdce (OTS). Jednalo se o prospektivní studii 40 pacientů s pokročilým CHSS ve funkční třídě NYHA III a IV, kteří byli postupně indikováni k zařazení na listinu kandidátu OTS a kteří byli léčeni optimální farmakoterapií. Pacienti byli randomizováni v poměru 1 : 1 k podání, nebo nepodání infuze LS. LS byl podán u 20 pacientů v dávce 12 μg/kg během 10 min s následnou infuzí v dávce 0,1 μg/kg/min během 24 hod. Koncentrace kreatininu byly měřeny před podáním LS a dále jednou měsíčně do celkové doby sledování tři měsíce. Průměrný věk souboru byl 53 let, převažovali muži (95 %), 55 % mělo ischemickou etiologii srdeční dysfunkce. U aktivně léčené došlo ke statisticky významnému poklesu průměrné koncentrace kreatininu ($p = 0,05$ za tři měsíce), zatímco v kontrolní skupině změna nebyla významná. Došlo i k vzestupu průměrné kalkulované clearance kreatininu ve skupině léčené LS a rozdíl mezi léčenou a kontrolní skupinou byl za tři měsíce významný (53,6 ml/min vs 44 ml/min; $p = 0,005$). U významně většího počtu pacientů z léčené skupiny došlo k poklesu koncentrace kreatininu než u kontrolní skupiny (50 % vs 10 %; $p = 0,005$). Současně se zlepšením renálních parametrů došlo v léčené skupině ke zvýšení ejekční frakce levé komory a k poklesu koncentrace B-natriuretického peptidu (BNP). Multivariantní analýza prokázala, že zlepšení renálních parametrů bylo nezávislé na zlepšení hemodynamických parametrů a poklesu BNP.

Výsledky práce Zemljice et al jsou ve shodě s výsledky dalších prací, které prokázaly renoprotektivní efekt levosimendanu. Studie Yilmaze et al ukázala příznivý krátkodobý renoprotektivní účinek LS ve srovnání s dobutaminem u 88 pacientů s akutní dekompenzací srdečního selhání. LS i dobutamin vedly ke zvýšení diurézy, pouze ve skupině léčené LS však došlo k významnému zvýšení odhadované glomerulární filtrace během 72 hod [20].

Důkazy o efektu levosimendanu na renální funkce vychází také z experimentálních prací. Studie na zvířecích modelech prokázaly, že

proLékaře.cz | 5.10.2026

LS vede k redistribuci renálního průtoku krve ve prospěch dřeňové části ledvin [21]. Studie Zagera et al pak ukázala protektivní efekt LS proti experimentálně navozenému endotoxemickému akutnímu renálnímu selhání [22].

Závěr

Přesný důvod pro renoprotektivní účinek levosimendanu není dosud objasněn. Díky aktivitě metabolitu OR 1896 má levosimendan prodloužený pozitivně inotropní účinek na myokard srdečních komor a vazodilatační efekt zahrnující tepny i žíly. Aditivní venodilatační efekt levosimendanu je velmi významný, neboť centrální žilní tlak je významným a nezávislým ukazatelem vývoje glomelurální filtrace u pacientů se srdečním selháním [23]. Kromě toho snižuje LS u pacientů hospitalizovaných pro pokročilé srdeční selhání koncentraci interleukinu-6 jako významného ukazatele zánětu. Renoprotektivní efekt LS by tedy mohl být vysvětlen částečně i protizánětlivým účinkem LS [24].

Literatura

1. Endoh M. Mechanisms of action of novel cardiotonic agents. J Cardiovasc Pharmacol 2002; 40: 323–338.

2. Málek F, Ignaszweski A. Nové léky pro terapii pokročilého srdečního selhání. Cor Vasa 2004; 45: 221–225.

3. Špinar J, Vítovec J. Intravenózní léčba akutního srdečního selhání. Vnitř Lék 2007; 53: 412–419.

4. Thackray S, Colleta A, Jones P et al. Clinical trials update: Highlights of the scientific sessions of heart failure 2001. CONTAK-CD, CHRISTMAS, OPTIME-CHF. Eur J Heart Failure 2001; 3: 491–494.

5. Cuffe MS, Califf RM, Adams KF Jr et al. The Outcomes of a Prospective Trial of Intravenous Milrinone for Exacerbations of Chronic Heart Failure (OPTIME-CHF) Investigators. Short-term intravenous milrinone for acute exacerbation of chronic heart failure: a randomized controlled trial. JAMA 2002: 287: 1541–1547.

6. Follath F, Cleland JG, Just H et al. Efficacy and safety of intravenous levosimendan compared with dobutamine in severe low-output heart failure (the LIDO study): a randomised double-blind trial. Lancet 2002; 360: 196–202.

7. McAlister FA, Ezekowitz J, Tonelli M et al. Renal insufficiency and heart failure: prognostic and therapeutic implications from a prospective cohort study. Circulation 2004, 109:1004–1009.

8. Bock JS, Gottlieb SS. Cardiorenal Syndrome – New Perspectives. Circulation 2010; 121: 2592–2600.

9. Ronco C, House AA, Haapio M. Cardiorenal syndrome: refining the definition of a complex symbiosis gone wrong. Intensive Care Med 2008; 34: 957–962.

10. Hillege HL, Girbes AR, de Kam PJ et al. Renal function, neurohormonal activation, and survival in patients with chronic heart failure. Circulation 2000; 102: 203–210.

11. Heywood JT, Fonarow GC, Costanzo MR et al. High prevalence of renal dysfunction and its impact on outcome in 118,465 patients hospitalized with acute decompensated heart failure: a report from the ADHERE database. J Card Fail 2007; 13: 422–430.

12. Damman K, Navis G, Voors AA et al. Worsening renal function and prognosis in heart failure: systematic review and meta-analysis. J Card Fail 2007; 13: 599–608.

13. Cleland JG, McGowan J. Levosimendan: a new era for inodilator therapy for heart failure? Curr Opin Cardiol 2002; 17: 257–265.

14. Nicklas JM, Monsur MW, Pagel PS et al. Effects of intravenous levosimendan on plasma neurohormone levels in patients with heart failure: relation to hemodynamic response. Am J Cardiol 1999; 83: 12(I)–15(I).

15. Sundberg S, Antila S, Scheinin H et al. Integrated pharmacokinetics and pharmacodynamics of the novel calcium sensitizer levosimendan. Int J Clin Pharmacol Ther 1998; 36: 629–635.

16. Nieminen MS, Akkila J, Hasenfuss G et al. Hemodynamic and neurohumoral effects of continuous infusion of levosimendan in patients with congestive heart failure. JACC 2000; 36: 1903–1912.

17. Slawsky MT, Colucci WS, Gottlieb SS et al. Acute hemodynamic and clinical effects of levosimendan in patients with severe heart failure. Circulation 2000; 102: 2222–2227.

18. Kivikko M, Lehtonen L, Colucci WS. Sustained hemodynamic effects of intravenous levosimendan. Circulation 2003; 107: 81–86.

19. Zemljic G, Bunc M, Yazdanbakhsh AP et al. Levosimendan improves renal function in patients with advanced chronic heart failure awaiting cardiac transplantation. J Card Fail 2007; 13: 417–421.

20. Yilmaz MB, Yalta K, Yontar C et al. Levosimendan improves renal function in patiens with acute decompensated heart failure: comparison with dobutamine. Cardiovasc Drugs Ther 2007; 21: 431–435.

21. Pagel PS, Hettrick DA, Warltier DC. Influence of levosimendan, pimobendan, and milrinone on the regional distribution of cardiac output in anaesthetized dogs. Br J Pharmacol 1996; 119: 609–615.

22. Zager RA, Johnson AC, Lund S et al. Levosimendan protects against experimental endotoxemic acute renal failure. Am J Physiol Renal Physiol 2006; 290: F1453–F1462.

23. Damman K, Navis G, Smilde TD et al. Decreased cardiac output, venous congestion and the association with renal impairment in patients with cardiac dysfunction. Eur J Heart Fail 2007; 9: 872–878.

24. Parissis JT, Adamopoulos S, Antoniades C et al. Effects of levosimendan on circulating pro-inflammatory cytokines and soluble apoptosis mediators in patients with decompensated advanced heart failure. Am J Cardiol 2004; 93: 1309–1312.

Doručeno do redakce 23. 4. 2013
Přijato po recenzi 19. 5. 2013

doc. MUDr. Filip Málek, Ph.D., MBA
Ambulance srdečního selhání a hypertenze
Kardiovaskulární centrum
Nemocnice Na Homolce, Praha
Filip.Malek@homolka.cz