

Žilní hemodynamika ve zdraví a nemoci

Dalibor Musil

Chronické žilní onemocnění (CHŽO) vzniká v důsledku poruchy návratu žilní krve z dolních končetin. Výsledkem je městnání krve v žilách zpětně přenášené do kapilár a provázené klinickými známkami a symptomy, které přivádějí pacienty k lékaři. Příčinou špatného žilního návratu mohou být degenerativní změny žilní stěny, selhání žilně-svalové pumpy a lokální nebo celková porucha žilní hemodynamiky. Etiologie těchto poruch je různorodá. CHŽO je proto velmi heterogenní nozologická jednotka.

Klidový žilní průtok dolní končetinou

Vzpřímené držení těla a chůze po dvou dolních končetinách jsou hlavním důvodem, proč má **na žilní hemodynamiku člověka zásadní vliv gravitace**. Žilní systém se musí vypořádat s úkolem dopravit krev z dolních končetin, respektive z dolní poloviny těla, do pravého srdce. Zatímco u čtyřnožců se 70 % celkového objemu krve nachází nad úrovní nebo v úrovni srdce, u člověka to je přesně naopak: 70 % krve je pod úrovní srdce a viscerální žíly jsou hlavním krevním rezervoárem. Sloupec krve, sahající u stojící osoby od nártu po pravou síň, vytváří v oblasti nohy a kotníků **klidový hydrostatický tlak 80–100 mmHg** podle výšky postavy. Vysocí lidé jsou na tom tedy o poznání hůře než ti menší.

Vleže, v horizontální pozici, vliv gravitace na žilní návrat prakticky zaniká. V žilách dolních končetin je tlak 4–8 mmHg a v pravé síni se tzv. centrální žilní tlak pohybuje kolem

0 mmHg, proto sem může krev z periferie podél tlakového gradientu volně proudit. Zvednutí dolních končetin nad horizontálu zcela vyprázdňuje kolabující povrchové žíly. Krev přiváděná tepnami odtéká hlubokými žilami.

Změna pozice těla z horizontální do vertikální polohy naplní předtím vyprázdněné povrchové žíly krví. Fyziologicky se povrchové žíly vestoje plní rychlostí 1–2 ml/s přes tepny a kapiláry. Objem krve v žilách jedné dolní končetiny vzroste o 150–250 ml. U pacientů s primárními varixy musíme připočítat dalších 100 ml i více podle toho, jak velký je přídatný patologický varikózní rezervoár. Zvyšování žilního objemu zvyšuje žilní tlak, který povrchové žíly dilataje. Pokud je končetina relaxovaná, jsou povrchové žíly přeplněné, narůstá v nich tlak, jejich stěna dilataje a stoupá v ní napětí. Reflexní sympatická reakce kontrahuje hladkou svalovinu žilní stěny. Tonizovaná žíla zmenší svůj průměr a tím se sníží tlak na její stěnu. Podmínkou je schopnost žilní stěny správně reagovat

na vegetativní podněty; tato schopnost je podmíněna fyziologickým obsahem hladké svaloviny, elastinu, kolagenu I a kolagenu III. Změny poměru kolagenu I a III snižují žilní elasticitu a compliance, klesá schopnost žíly udržovat svou strukturální integritu, velikost a tvar. Vegetativní tonizace žilní stěny snižuje žilní tlak jen málo. Bez zapojení žilně-svalové pumpy se žilní tlak výrazněji nemění.¹

Vliv fyzické aktivity na žilní průtok

Svalové kontrakce na dolní končetině zvyšují krevní tok povrchovými i hlubokými žilami. Do hry vstupuje **žilně-svalová pumpa, nejdůležitější síla vracející žilní krev zpět k srdci, která odpovídá za 90 % žilního návratu**. Klasicky se zapojuje při chůzi. Kontrakce svalů na noze, lýtku a stehně vytlačují žilní krev z dolní končetiny. Chůzí se aktivuje nožní pumpa komprimující laterální plantární žilní

pleteně, které jsou stlačovány kontrakcí plantárních svalů a tlakem nohy o podložku. Každý krok odčerpá z nohy 20–30 ml krve. Nožní svalová pumpa je synchronizována s pumpou lýtkovou, ale výdej žilní krve z plantárního plexu není závislý na kontrakci lýtkových svalů. Nožní a lýtková pumpa pracují paralelně, nefungují „v sérii“. Odděleně vyprazdňují obsah žil do hlavního odtokového kanálu, kterým je v. poplitea.

Chůze, cvičení, běh, stoupání na špičky, všechny tyto aktivity účinně vyprazdňují žíly a snižují hydrostatický tlak. Již při pomalé chůzi (3 km/hod, 40 kroků/min) dochází po 5–12 krocích k výraznému poklesu hydrostatického tlaku na noze. Chůze pokračující nezměněným tempem vytvoří setrvalý hemodynamický stav s žilním tlakem na noze kolem 22 mmHg. Mluvíme o ambulantním žilním tlaku (AVP,

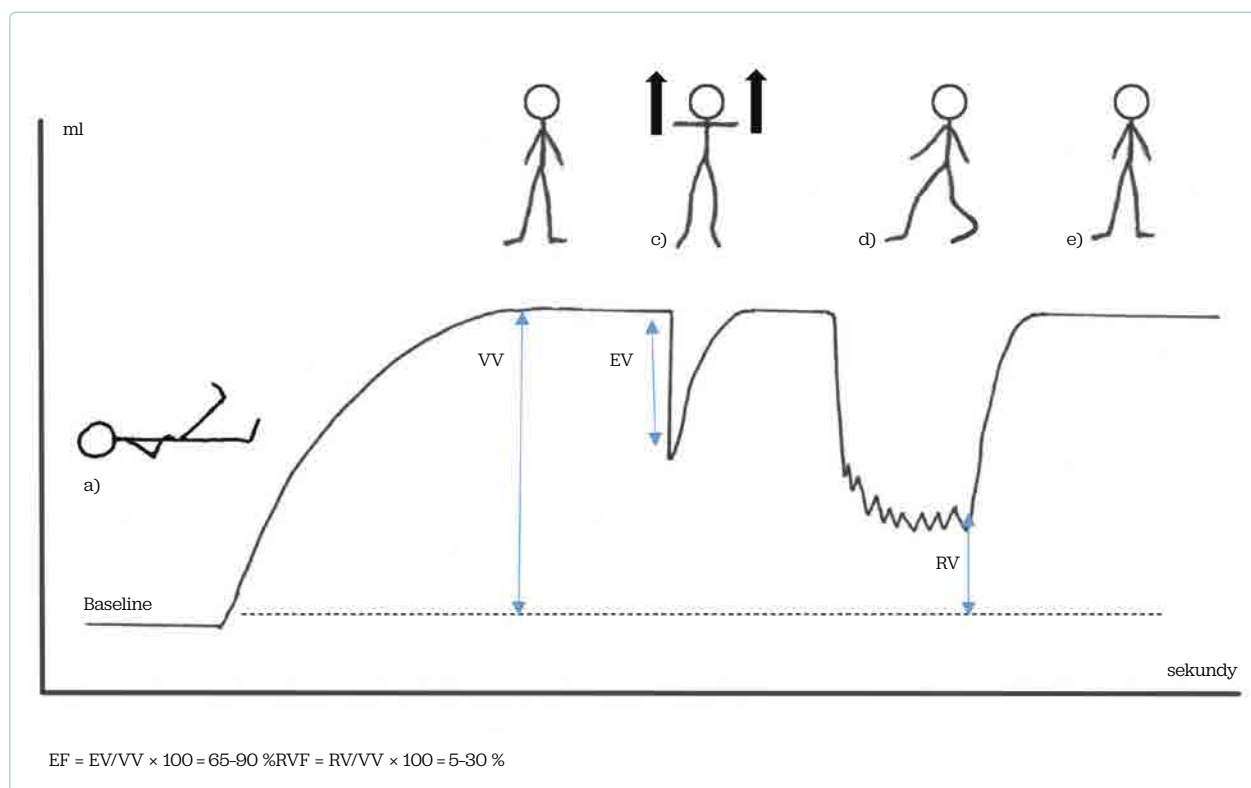
ambulatory venous pressure), který na končetině přetrvává během chůze (ambulatio, lat. procházka). Zrychlováním chůze již dále žilní tlak neklesá.^{2,3}

Dalším příznivým efektem chůze a cvičení je zvýšení arteriovenózního gradientu. Zatímco tlak v žilách dolních končetin klesá, zvýšený žilní návrat do pravého srdce a vyšší tepová frekvence zlepšují minutový srdeční výdej, tlak v tepnách stoupá a svaly jsou lépe prokrvené. Po zastavení se žilní tlak na noze během asi 30 sekund vrací zpět ke klidovým hodnotám (klidový hydrostatický tlak); tento proces probíhá v případě, že žilně-svalová pumpa pracuje správně.

Prakticky se funkce žilně-svalové pumpy vyšetřuje vzduchovou pletysmografií měřením celkového objemu žilní krve v dolní končetině (VV, venous volume) a ejekčního objemu (EV), který je z dolní končetiny

odčerpán jednorázovým zapojením žilně-svalové pumpy, jednou svalovou kontrakcí. Ejekční objem se zjišťuje například při jednom stoupnutí na špičky se založenou pletysmografickou manžetou. **Ejekční frakce (EF), tedy velikost EV vzhledem k celkovému žilnímu objemu (VV), určuje účinnost žilně-svalové pumpy a vyjadřuje se procenty (EF = EV/VV × 100).** Jedním zapojením žilně-svalové pumpy (EV) je z dolní končetiny odčerpáno 65–135 ml krve, tedy 65–90 % celkového žilního objemu (VV). To dokazuje její vysokou účinnost (**obr. 1**).

Při CHŽO klesá EF pod 50 %. Během krátké chůze nebo cvičení (10 stoupnutí na špičky) zůstává v dolní končetině 5–30 % VV, podle účinnosti svalové pumpy. Mluvíme o reziduální žilní frakci (RVF, residual venous fraction). **Se zhoršováním funkce žilně-svalové pumpy klesá EF a stoupá RVF.** To



Obr. 1 Diagram znázorňující změny objemu žilní krve na dolní končetině měřené manžetou vzduchové pletysmografie při změnách polohy těla, cvičení a chůzi:

a) pacient v poloze na zádech s nohou zvednutou v úhlu 45°, povrchové žíly jsou vyprázdněné, krev přiváděná tepnami odtéká hlubokými žilami, v dolní končetině je minimum žilní krve (základní hemodynamický stav); **b)** vestoje s váhou přenesenou na nevyšetřovanou dolní končetinu se povrchové žíly naplní krví rychlostí 1–2 ml/s, objem žilní krve v končetině stoupne o 150–300 ml; **c)** jednorázovým zapojením žilně-svalové pumpy, zde jedno stoupnutí na špičky, se odčerpá z dolní končetiny ejekční objem krve (EV = 65–135 ml); **d)** během chůze žilně-svalová pumpa po 5–12 krocích odčerpá z dolní končetiny podstatnou část krve, zůstává zbytkový objem žilní krve (RV), který se dále chůzí nemění a představuje 5–30 % VV; **e)** návrat do klidové polohy vestoje jako u bodu b) znamená zastavení práce žilně-svalové pumpy a opětovné zvýšení objemu žilní krve v končetině na původní klidovou hodnotu (VV)

VV – žilní objem; **EV** – ejekční objem; **EF** – ejekční frakce; **RV** – reziduální objem; **RVF** – reziduální žilní frakce

má vliv na žilní tlak během chůze, protože RVF odpovídá výše AVP. Se vzrůstající RVF narůstá AVP a naopak. Narůst AVP znamená vznik symptomatického CHŽO. Bylo prokázáno, že s poklesem EF stoupá pravděpodobnost žilních ulcerací. Pro správnou funkci žilně-svalové pumpy nejsou tedy potřebné pouze zdravé žíly, ale také svaly a dobrá funkce kloubů i celého pohybového aparátu končetiny včetně inervace.

Žilní návrat a úloha žilních chlopní

Krevní průtok v žilách dolní končetiny probíhá vestoje a vsedě vzhůru do pravého srdce proti zemské gravitaci. Jednosměrný pohyb krve je proto nutné během svalových kontrakcí zajistit žilními chlopněmi. Funkci chlopní nelze od funkce svalové pumpy oddělit. Tvoří jeden funkční celek nazývaný **žilně-svalová pumpa** (někdy také chlopenní svalová pumpa).

Chlopně se nacházejí nejen v povrchových a hlubokých žilách, ale také v perforátorech (spojkách propojujících povrchové a hluboké žíly přes svalovou fascii). Většinou jsou bikuspidální. Směrem do periferie dolní končetiny jejich počet narůstá. Chybějí v dolní duté žíle a v ilických žilách. Mohou chybět také v perforátorech nebo jsou zde hypoplastické, a tedy nefunkční.

Při klidném stání s oporou, kdy není zapojována žilně-svalová pumpa, jsou vlivem hydrostatického tlaku (potenciální gravitační energie) všechny žilní chlopně otevřené a žíly dilatované. Velmi pomalé proudění krve žilami (1 cm/s) mají na svědomí kontrakce levé komory vytvářející tlak, který se přenáší z tepen přes kapiláry do žilního systému a zezadu tlačí krev zpět do pravé síně (*vis a tergo* – síla působící zezadu), práce pravé komory a pohyby bránice cyklicky zrychlující a zpomalující krevní proudění (krevní tok stagnuje na vrcholu nádechu, kdy intraabdominální tlak stoupne na maximum; na konci výdechu se zrychlí na maximum; *vis a fronte* – síla působící zepředu).

Při pohybu se zapojí žilně-svalová pumpa. **Na celé dolní končetině se střídají svalové kontrakce a relaxace a na žilních chlopních se rozbíhá tzv. chlopenní cyklus**, střídavé otevírání a uzavírání chlopní. Svalová



Obr. 2 **Sekundární chronické žilní onemocnění smíšené etiologie na LDK, na PDK převažuje primární chronické žilní onemocnění také s podílem kloubního postižení na žilním návratu**

73letá žena s 35 let trvající revmatoidní artritidou malých a velkých kloubů dolních končetin, která na LDK prodělala hlubokou žilní trombózu a je po oboustranné totální endoprotéze kolenních kloubů. Na LDK otok nártu a kotníků, plochá noha a výrazná deformace hlezenního kloubu, hyperpigmentace a počínající lipodermatofibróza bérce. Na PDK primární uzlovité varixy, pigmentace bérce.

LDK – levá dolní končetina; **PDK** – pravá dolní končetina

kontrakce (systola) stlačí žílu a zvyšuje v ní tlak. Chlopeň distálně od svalové kontrakce se uzavře, proximální se otevře a krev je posunuta centripetálně. Na konci systoly zůstává mezi těmito chlopněmi minimální množství krve. Při svalové relaxaci (diastola) v žíle tlak klesá, proto se distální chlopeň otevírá a proximální uzavírá. Do žíly je z distálních partií nasávána krev a na konci diastoly je objem krve mezi chlopněmi největší. Poté se celý cyklus opakuje. **Chlopenní cyklus takto mezi střídavě se uzavírajícími**

a otevírajícími se chlopněmi rozděljuje krevní sloupec, a tím frakcionuje gravitační hydrostatický tlak. Objemové, a tedy také tlakové zatížení žilního řečiště efektivně klesá. Žíly a kapiláry jsou chráněny před poškozením. Správná trofika kůže a podkoží je zachována.⁴

Porucha žilního návratu

Při porušeném žilním návratu vzniká CHŽO. Příčin zhoršujících žilní návrat z dolních končetin je dlouhá řada,

proto je **CHŽO heterogenní nozologickou jednotkou** projevující se však na dolních končetinách poměrně jednotvárnými klinickými známkami a symptomy, za nimiž vždy stojí **ambulantní žilní hypertenze (AVH, ambulatory venous hypertension)**.

Podle klasifikace CEAP (2020) lze příčiny AVH rozdělit do tří kategorií:

1. **primární degenerativní změny žilní stěny**, které vedou k jejímu oslabení a dilataci, výsledkem je patologický reflux na insuficientních chlopních – **primární CHŽO**,
2. **jakékoli onemocnění poškozující z žilního lumen chlopně a žilní stěnu**, nejčastěji se jedná o žilní trombózu – **sekundární intra-venózní CHŽO**,
3. **lokální nebo celková porucha žilní hemodynamiky**, kde porucha funkce žilně-svalové pumpy představuje lokální poruchu, tlakové a průtokové změny mezi dolní končetinou a pravým srdcem jsou celkovou poruchou hemodynamiky – **sekundární extravenózní CHŽO**.

Jednou z nejčastějších příčin AVH je méněcennost žilní stěny. Příčina onemocnění spočívá v samotné žilní stěně, proto mluvíme o primárním žilním postižení (primární CHŽO). Méněcennost a remodelace žíly, které mohou být vrozené nebo se rozvíjejí stárnutím, jsou příčinou, proč žíla dilataje, prodlužuje se, je vinutá s nefunkčními

chlopněmi, na kterých se objevuje během chlopenního cyklu zpětný tok. Důsledkem je porucha žilního návratu, narůstá RVF, ambulantní žilní tlak dosahuje patologických hodnot, rozvíjí se AVH s trofickými změnami kůže a podkoží.

Na jedné dolní končetině se může současně objevit několik různých příčin AVH, například primární varixy v kombinaci s prodělanou hlubokou žilní trombózou a současně porucha žilně-svalové pumpy při artróze kolena nebo hlezna (**obr. 2**). Vzniká klinicky závažné CHŽO, kdy léčba takto postižené dolní končetiny vyžaduje mezioborový přístup.⁵

Závěr

Přes různorodou etiologii CHŽO sahající od primární méněcennosti žilní stěny (primární varixy) přes hlubokou žilní trombózu, poruchu žilně-svalové pumpy u kloubních onemocnění až po městnání krve ve velkém oběhu u obezity, postižení pravého srdce a plicních onemocnění stojí na začátku patofyziologického řetězce porucha žilního návratu z dolní končetiny a ambulantní žilní hypertenze. Reakcí organismu jsou zánětlivé změny v žilní stěně, kapilárách a okolních tkáních kůže a podkoží, které dále spolu s poruchami látkové výměny v kapilárách celý stav zhoršují. Cílovým orgánem

těchto změn je kůže a podkoží, kde se objevují typické projevy CHŽO (otok, pigmentace, lipodermatofibróza, ulcerace).⁶

Léčba by proto neměla být zaměřena jenom na tyto druhotné kožní projevy, ale na primární vyvolávající příčinu, kdy odstranění varixů je řešením pouze u primárního žilního postižení, zatímco u sekundárního CHŽO to může být redukce tělesné hmotnosti, náhrada kolenního kloubu, léčba plicního nebo srdečního onemocnění.

U všech typů CHŽO však lze prakticky ihned zlepšit žilní návrat nošením kompresních punčoch a užíváním venofarmak. V praxi se používají zejména venofarmaka přírodního původu. Výtažky z nezralých pomerančů (flavonoidy), z hroznů, borůvek, grapefruitů nebo ze semen pakaštanu koňského. Dominující venoaktivní účinnou látkou dle klinických dat a mezinárodních doporučení je mikronizovaná purifikovaná flavonoidní frakce (MPFF® obsahující mikronizovaný diosmin s hesperidinem a dalšími flavonoidy – diosmetin, linarin, isorhoifolin) s kompletním protizánětlivým, venoprotektivním a antiedematózním účinkem.⁷

Doe, MUDr. Dalibor Musil, Ph.D.

Interní a kardiologická klinika Fakultní nemocnice Ostrava a LF Ostravské univerzity
E-mail: musil.dalibor@gmail.com

Literatura

1. Eklof B, Raju S, Kistner RL. Venous hemodynamic changes in lower limb venous disease: the UIP consensus document. *Int Angiol* 2016;35:233–235.
2. Arnould CC. Venous pressure in the leg of healthy human subjects at rest and during muscular exercise in the nearly erect position. *Acta Chir Scand* 1965;130:570–583.
3. Arnould CC. Venous pressure in patients with valvular incompetence of the veins of the lower limb. *acta Chir Scand* 1966;132:628–645.
4. Williams KJ, Ayekoloye O, Moore HM, Davies AH. The calf muscle pump revisited. *J Vasc Surg: Venous and Lymf Dis* 2014;3:329–334.
5. Lurie F, Passman M, Meisner M, et al. The 2020 update of the CEAP classification system and reporting standards. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord* 2020;8:342–352.
6. Castro-Ferreira R, Cardoso R, Leite-Moreira A, Mansilha A. The role of endothelial dysfunction and inflammation in chronic venous disease. *Annals Vasc Surg* 2018;46:380–393.
7. Karetová D, Vlachovský R, Seifert B, et al. Doporučené diagnostické a terapeutické postupy pro všeobecné praktické lékaře – chronická žilní onemocnění. Novelizace 2024. Centrum doporučených postupů pro praktické lékaře. SVL ČLS JEP 2024.