

KAPITOLY Z KLINICKÉ FYZIOLOGIE

Jak fungují baroreceptory?

Černý Vladimír

Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny Fakultní nemocnice Hradec Králové

Anest. intenziv. Med., 24, 2013, č. 6, s. 425–427

Kardiovaskulární systém disponuje řadou mechanismů, jak s maximální efektivitou udržet srdeční výdej a srdeční frekvenci na hodnotách, které jsou nezbytné k zajištění metabolických požadavků tkání. Baroreceptorové reflexy patří mezi klíčové kardiovaskulární reflexy (tab. 1). Udržení krevního tlaku představuje jeden z hlavních cílů složité a na řadě úrovní se odehrávající regulace. Již v roce 1859 popsal Etienne Marey, že srdeční frekvence je inverzně úměrná hodnotě krevního tlaku (Marey's law), následně Hering a Koch prokázali, že pro změny srdeční frekvence vzniklé v důsledku změn krevního tlaku, jsou nezbytné baroreceptory uložené v aortě a v karotické tepně.

Současné dělení baroreceptorů rozlišuje:

- Arteriální baroreceptory lokalizované v karotickém sinu a oblouku aorty

- Žilní baroreceptory lokalizované v pravé síni srdce a ve stěně velkých žil

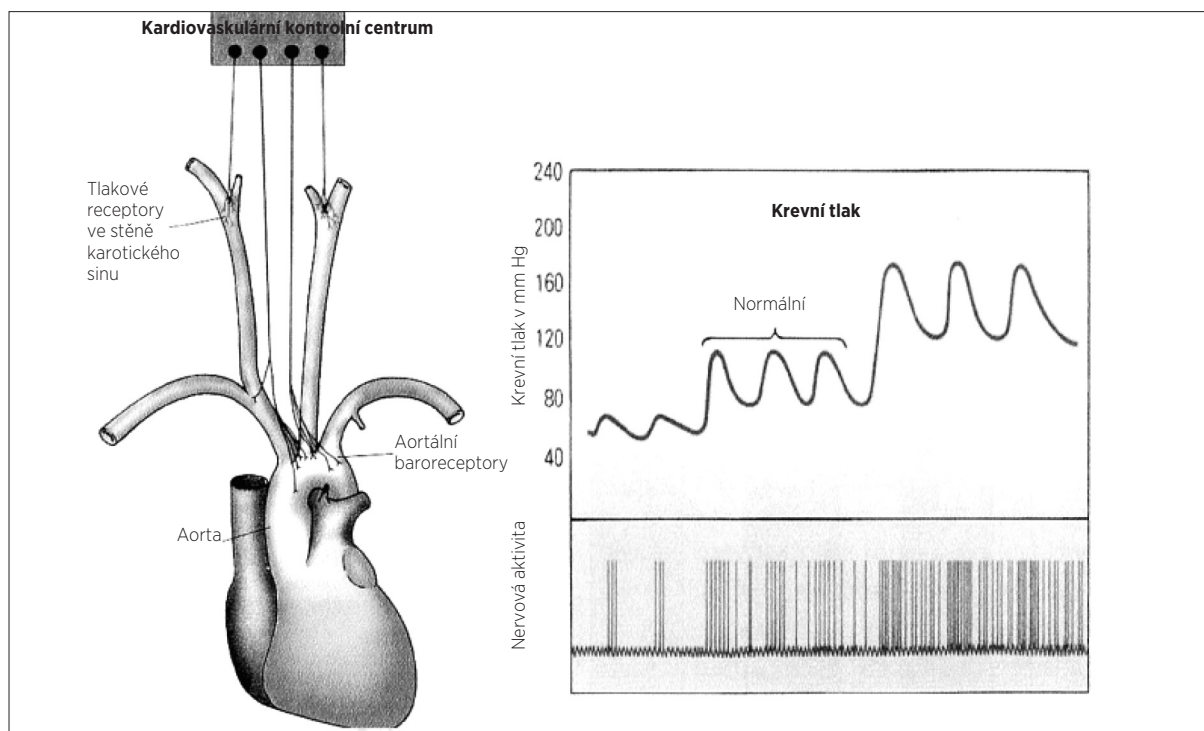
Arteriální baroreceptory

- zajišťují reakci na změny napětí cévní stěny (stretch) vyvolané změnou krevního tlaku;
- zvýšený tlak stěny (hypertenze) inhibuje/tlumí činnost sympatiku a jeho efektorů;
- pokles tlaku ve stěně aktivuje sympatikus a jeho efektorů;
- zvýšený tonus vagu vede k vazodilataci a zpomaluje srdeční frekvenci;
- baroreceptorový reflex nejlépe demonstruje tzv. Valsalvův manévr, který zvyšuje nitrohruční tlak prostřednictvím usilovného výdechu proti zavřené epiglottis – krevní tlak se přechodně zvýší (krev v hrudníku plní srdce), poté vlivem snížení žilního návrat dochází k poklesu srdečního výdeje

Tab. 1 Baroreceptorové reflexy

Název	Receptory/aferentní inervace/mechanismus	Efekt
„Vysokotlaké“ receptory		
Baroreceptorový reflex	• receptory detekující roztažení cévní stěny arterií, a. carotis a karotických tělísek • aferentní vzruchy jdou cestou vagu do míchy	• stimulace vede ke snížené aktivitě sympatiku • klinický efekt – snížení tepové frekvence – snížení krevního tlaku – snížení celkové vaskulární rezistence – snížení srdeční kontrakility
„Nízkotlaké“ receptory		
Bainbridgeův reflex	• napěťové receptory v síních reagující na krevní objem • aferentní vzruchy jdou cestou vagu do míchy	• stimulace vede ke zvýšení srdeční frekvence a zvýšení srdeční kontrakility
Atrial stretch reflex	• napěťové receptory v endokardu síní – vylučují síňový natriuretický faktor – inhibují vylučování antidiuretického hormonu – snižují vylučování reninu	• diuréza • natriuréza
Kardioinhibiční		
Bezold-Jarischův reflex	• mechanicko-senzitivní a chemosenzitivní receptory ve stěně komor • aferentní vzruchy jdou cestou vagu do míchy	• udržují tonus vazomotorického centra • aktivace vede k bradykardii, periferní vazodilataci a hypotenzi

Modifikace podle [3]



Obr. 1 Baroreceptorový reflex

- a následně poklesu tlaku), následuje reflexní vazokonstrikce a tachykardie, po výdechu se krevní tlak normalizuje s krátkým „přestřelením“ do vyšších hodnot, během kterého dochází současně ke zpomalení srdeční frekvence (obr. 1);
- kardiovaskulární reaktivita stimulace arteriálních baroreceptorů vyžaduje intaktní autonomní nervový systém (ANS), dysfunkce ANS je spojena s absencí baroreceptorové odpovědi a sníženou nebo žádnou reakcí tepové frekvence na změnu krevního tlaku;
- poddajnost napětových (stretch) receptorů a jejich citlivost bývá změněna při aterosklerotickém poškození karotického sinu, výsledkem může být absence reflexu.

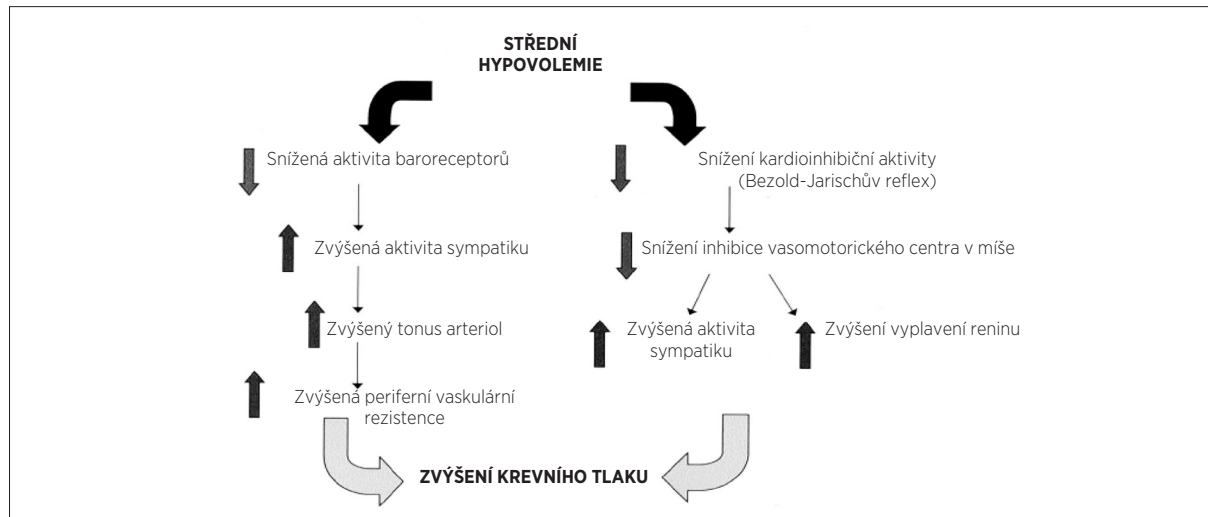
Žilní baroreceptory

- jejich role je především v nepřetržitě (beat by beat) kontrole/regulaci velikosti srdečního výdeje;
- zvýšené roztahání pravé síně vyvolané vyššími plnicími tlaky vede ke zrychlení srdeční frekvence (Bainbridgeův reflex = BR), resekce vagu fakticky ruší BR;
- pokles žilního tlaku vede ke zpomalení srdeční frekvence;

- stimulace žilních baroreceptorů změnou tlaku na rozdíl od arteriálních baroreceptorů nevede ke změně cévního tonu;
- oba typy baroreceptorů představují regulační mechanismy dvou ze 4 hlavních determinant srdečního výdeje – preload a afterload, tj. žilní baroreceptory reagují na preload přes napětí stěny pravé síně, arteriální baroreceptory „dohlížejí“ na afterload (krevní tlak).

Baroreflexy a anestezie

Blokáda sympatiku na úrovni Th1–Th4 vede k „denervaci“ eferentních sympatických vláken zrychlující srdeční frekvenci a převaze vlivu vagu na oběhový systém. Výsledkem je bradykardie, která je však v případě spinální anestezie dominantně vyvolána hypotenzí než bloádou eferentních vláken sympatiku, přestože by hypotenze měla vyvolat zrychlení tepové frekvence. Vysvětlením je podle některých autorů dominance žilních baroreceptorů a zpomalení srdeční frekvence při spinální anestezii, především důsledkem jejich stimulace při snížení žilního návratu. Inhalační anestetika ovlivňují funkci baroreceptorů a pokles krevního tlaku vyvolaný inhalačními anestetiky nemusí vyvolat změnu srdeční frekvence.



Obr. 2 Střední hypovolémie a reakce kardiovaskulárního systému

Karotická denervace vede k velké variabilitě krevního tlaku, především v důsledku snížené vagové a arteriální baroreceptorové citlivosti. Výkony na karotidách jsou spojeny prakticky vždy s dysfunkcí baroreflexů. Odstranění aterosního plátu ze stěny tepny vede obvykle k hypertenzi a nestabilitě krevního tlaku, která může přetrvávat dny až týdny. K dysfunkci baroreflexu a s tím související nestabilitě tlaku přispívá rovněž přítomnost chronické hypertenze, antihypertenzní farmakoterapie a řada dalších faktorů (věk, autonomní dysfunkce např. u pacientů s diabetes mellitus aj.)

U pacientů s transplantovaným srdcem baroreflexy nefungují.

Kardiovaskulární reflexy včetně baroreflexů mají zásadní význam v adaptaci organismu na hypovolémii. Při „středně významné“ hypovolémii dochází k synergii mezi baroreflexy a Bezold-Jarischovým reflexem (obr. 2), při hypovolémii velkého rozsahu však dochází paradoxně ještě k dalšímu poklesu krevního tlaku, pravděpodobně v důsledku paradoxní aktivace kardiinhibičního reflexu (Bezold-Jarisch) a dysfunkce baroreflexu (vysvětlení není zcela jasné).

Body k zapamatování

- Baroreflexy jsou jedním z hlavních mechanismů regulace krevního tlaku.
- Anesteziologické techniky (celková anestezie, nervové blokády) mohou ovlivnit funkci baroreflexů s dopady na makrohemodynamiku, zejména v kontextu hypovolémie/hypotenze.
- Chirurgická manipulace v oblasti karotid je spojena s nestabilitou krevního tlaku a rizikem hypertenze.

LITERATURA

1. Crystal, G. J., Salem, M. R. The Bainbridge and the „reverse“ Bainbridge reflexes: history, physiology, and clinical relevance. *Anesth. Analg.*, 2012, 114, 3, p. 520–532.
2. Stoneham, M. D., Thompson, J. P. Arterial pressure management and carotid endarterectomy. *Br. J. Anaesth.*, 2009, 102, 4, p. 442–452.
3. Campagna, J. A., Carter, C. Clinical relevance of the Bezold-Jarisch reflex. *Anesthesiology*, 2003, 98, 5, p. 1250–60.
4. Kinsella, S. M., Tuckey, J. P. Perioperative bradycardia and asystole: relationship to vasovagal syncope and the Bezold-Jarisch reflex. *Br. J. Anaesth.*, 2001, 86, 6, 859–868.
5. Marty, J., Reves, J. G. Cardiovascular control mechanisms during anesthesia. *Anesth. Analg.*, 1989, 69, 3, p. 273–275.

Adresa pro korespondenci:

Prof. MUDr. Vladimír Černý, Ph.D., FCCM

Fakultní nemocnice Hradec Králové
Klinika anesteziologie, resuscitace
a intenzivní medicíny
Sokolská tř. 581, 500 05 Hradec Králové

Adjunct Professor of Anesthesiology
Department of Anesthesia, Pain Management
and Perioperative Medicine,
Dalhousie University, Halifax,
Nova Scotia, Canada
e-mail: cernyvla1960@gmail.com