

- [http://www.researchgate.net/publication/10698589\\_The\\_management\\_of\\_perioperative\\_bleeding](http://www.researchgate.net/publication/10698589_The_management_of_perioperative_bleeding)
- <http://www.cslbehring.com/products/bleeding-disorders-perioperative-bleeding-causes.htm>
- Prezentace Power Point (nutno zadat klíčové slovo, např. perioperative bleeding, major bleeding apod.)
  - [www.slideworld.org](http://www.slideworld.org)
  - [www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)
- [www.csarim.cz](http://www.csarim.cz)

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

Dalhousie University, Dept. of Anesthesia,  
Pain Management and Perioperative Medicine,  
Halifax, Canada  
e-mail: [cernyvla1960@gmail.com](mailto:cernyvla1960@gmail.com)

## KAPITOLY Z KLINICKÉ FYZIOLOGIE

# Co to je Anrepův efekt aneb Jak se srdeční sval vyrovnává s náhlým vzestupem afterloadu?

Škarvan Karel

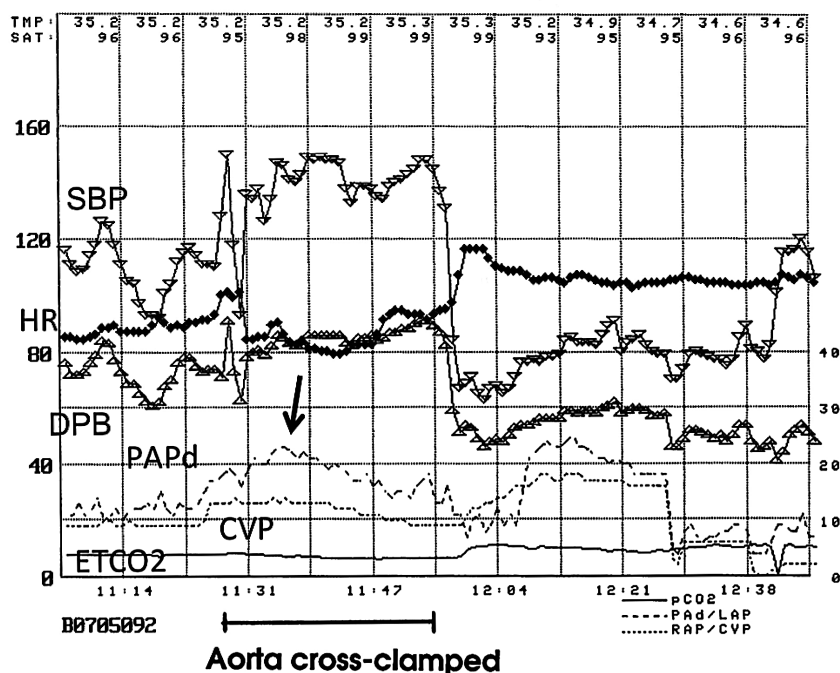
Departement Anaesthesie und Intensivmedizin, Universitaetsspital Basel

*Anest. intenziv. Med., 24, 2013, č. 4, s. 273–274*

Náhlé zvýšení odporu proti systolickému vyprázdnění levé komory (LV), např. zasvorkováním aorty, způsobí okamžitý pokles tepového objemu, který je provázen vzestupem systolického a end-diastolického tlaku v LV (LVSP, LVEDP), vzestupem objemu krve v LV, a to jak na konci systoly (LVESV), tak na konci diastoly (LVEDV) a poklesem ejekční frakce. Díky Frank-Starlingovu mechanismu, aktivovanému tímto zvýšením preloadu LV, dojde nejdříve ke zvýšení kontraktility myokardu a návratu tepového objemu k výchozí hodnotě. To je však vykoupeno přetrvávajícím zvýšením LVEDP (a tlaku v levé síni) a dilatací LV. Tento nevýhodný stav je však ve zdravém srdci pouze přechodný. Navzdory perzistující hypertenzi dochází totiž po několika minutách k postupné normalizaci LVEDP a LVEDV. Rychlé zotavení funkce LV po jejím předchozím zatížení bylo poprvé pozorováno v pokusu na psech a popsáno von Anreperem před více než 100 lety [1]. Jelikož Anrepův efekt byl reprodukován nejen na izolovaném srdci, ale též na izolovaném proužku srdečního svalu [2], jde o myokardu vlastní, po-

zitivně inotropní odpověď na protažení (stretch) kardiomyocytů [3]. Tato reakce je výsledkem řady dějů na molekulární úrovni, v začátku je sekrece angiotenzinu II a endotelinu a pokračuje aktivací receptoru epidermálního růstového faktoru (EGFR), otevřením mitochondriálních ATP senzitivních draslíkových kanálů, produkcí kyslíkových radikálů (ROS) v mitochondriích a aktivací ERK kinázy (ERK = extracellular-signal-regulated kinases). Dochází k fosforylaci a aktivaci membránové  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  pumpy a tím k vzestupu koncentrace natria v cytoplasmě.  $\text{Na}^+/\text{Ca}^{++}$  pumpa pak výměnou natria za kalcium způsobí vzestup cytoplasmatické koncentrace kalcia a zvýšení kontraktility myokardu [4]. In-situ se na Anrepově efektu může podílet i krátkodobá hypoperfuze subendokardu LV [5].

Má Anrepův efekt význam pro anestezii a intenzivní medicínu? Nepochybně má, neboť s náhlým a extrémním vzestupem krevního tlaku se setkáváme nejen v průběhu operací, vyžadujících aplikaci aortální svorky, ale i v řadě jiných situací, např. u akutních nitrolebních příhod nebo při předáv-



**Graf 1** Hemodynamické změny v průběhu operace thorakoabdominálního aneuryzmatu aorty (vlastní data)  
 SBP = systolický krevní tlak (a. radialis), DBP = diastolický krevní tlak, HR = srdeční frekvence, PAPd = diastolický tlak v plicnici (index plicního tlaku levé komory), CVP = tlak v pravé síni, ETCO<sub>2</sub> = koncentrace oxidu uhličitého na konci výdechu (%). PADp stoupl po aplikaci aortální svorky z 12 na 23 mmHg. Šipka označuje začátek jeho spontánního poklesu, k němuž dochází i přes přetrvávající hypertenzi

kování vazopresory. Navíc je jak okamžitá odpověď LV, tak následující kompenzace funkce LV (Anrepův efekt) v celkové anestezii intenzivnější než při vědomí [6]. Zatímco zdravá LV dokáže díky Anrepovu mechanismu náhlému vzestupu aortální impedance vzdorovat (graf 1), hrozí pacientům s latentní (a o to více těm s manifestní) dysfunkcí LV přetrvávající vysoký LVEDP, vysoký tlak v levé síni a případně akutní levostranné selhání. Echokardiografie pak ukáže dilataci LV, případně u pacientů s předchozí zdokumentovanou poruchou kontraktility nové regionální poruchy LV motility [7]. Schopnost LV kompenzovat akutní zatížení (např. vyvolané intravenózní aplikací alfa-agonisty fenylefrinu) je uváděno i jako možný peroperační test funkce LV a rizika ischemie myokardu [8].

## Literatura

1. Von Anrep, G. On the part played by the suprarenals in the normal vascular reactions of the body. *J. Physiol.*, 1912, 45, p. 307–317.
2. Parmley, W. W., Chuck, L. Length dependent changes in myocardial contractile state. *Am. J. Physiol.*, 1973, 224, p. 1195–1199.
3. Nicols, C. G., Hanck, D. A., Jewell, B. R. The Anrep effect: an intrinsic myocardial mechanism. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 1988, 66, p. 924–929.

4. Cingolani, H. E., Perez, N. G., Cingolani, O. H., Ennis, I. I. The Anrep effect: 100 years later. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.*, 2013, 303, p. H175–H182.
5. Monroe, R. G., Gamble, W. J., LaFarge, C. G., Kumar, A. E., Stark, J. et al. The Anrep effect reconsidered. *J. Clin. Investig.*, 1972, 51, p. 2573–2583.
6. Vatner, S. F., Monroe, R. G., McRitchie, R. J. Effects of anesthesia, tachycardia, and autonomic blockade on the Anrep effect in intact dogs. *Am. J. Physiol.*, 1974, 226, p. 1450–1456.
7. Roizen, M. F., Beaupre, P. N., Alpert, R. A., Kremer, P. et al. Monitoring with two-dimensional transesophageal echocardiography: Comparison of myocardial function in patients undergoing supraceliac, suprarenal-infrarenal, or infrarenal aortic occlusion. *J. Vasc. Surg.*, 1984, 1, p. 300–305.
8. Dos Santos, L., El, A., Souza, A. F., Tucci, P. J. Use of afterload hemodynamic stress as a practical method for assessing cardiac performance in rats with heart failure. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 2010, 88, p. 724–732.

Adresa pro korespondenci:

**Prof. emer. Dr. med. Karl Skarvan**  
 Departement Anaesthesie und Intensivmedizin  
 Universitaetsspital Basel  
 Spitalstrasse 21, 4030 Basel, CH  
 e-mail: skarvan@bluewin.ch