

Matematická analýza pulzové vlny

„Matematika pod křivkou“

Dušan Merta, KARIP

Srdeční výdej, systémová vaskulární rezistence a další hemodynamické parametry jsou důležitými údaji pro léčbu nemocných při a po velkých chirurgických výkonech nebo v kritickém stavu (sepsy, kardiální selhání).

Zlatým standardem nadále zůstává monitorace těchto parametrů pomocí Swan-Ganzova plicnicového katetru s využitím termodiluční metody. Ten navíc umožňuje měřit další veličiny, jako například plicní tlaky. Nicméně jeho invazivnost a poměrně vážné komplikace (arytmie, infekce, poškození chlopní, ruptura plicní arterie) omezují použití Swan-Ganzova katetru na nemocné po kardiochirurgických výkonech nebo nemocné ve velmi těžkém stavu.

Arteriální katetr k monitoraci krevního tlaku je naproti tomu poměrně běžnou invazí. Pomocí matematické analýzy časového průběhu krevního tlaku („tlakové křivky“) je možné získat dostatečnou představu o srdečním výdeji i dalších parametrech. Pokusíme se nastínit způsob, jak to komerčně dostupná zařízení (LiDCO, Vigileo, PiCCO, ...) dělají.

Princip diluční metody obecně spočívá v podání určitého množství indikátoru (barviva, radioizotopu, chladného roztoku) a následné monitoraci průběhu jeho koncentrace dále „po proudu“ v krevním řečišti. Srdeční výdej je potom dán vztahem:

$$CO = \frac{N}{\int_0^{\infty} c dt} ,$$

kde CO je srdeční výdej, N je podané množství indikátoru a c je jeho koncentrace v místě měření. Integrál ve jmenovateli zlomku je potřeba chápat tak, že koncentraci měříme po celou dobu prvního průchodu indikátoru místem měření, tzn. do okamžiku, kdy poprvé klesne k nule (na „rozumně“ nízkou hodnotu).

Naproti tomu analýza pulzové vlny umožňuje kontinuální měření srdečního výdeje na základě časového průběhu invazivně měřeného krevního tlaku. Možnosti jsou různé, od Fourierovy transformace systolické části pulzové vlny, po výpočet tepového objemu pomocí energie jednotlivého pulzu. Nicméně pro výpočet absolutní hodnoty srdečního výdeje vyžadují tyto metody kalibraci, která je obvykle prováděna pomocí diluční metody (transpulmonálně).

Systémová vaskulární rezistence (SVR) už je se znalostí srdečního výdeje snadno spočítatelným parametrem:

$$SVR = 80 \frac{MAP - CVP}{CO} ,$$

kde MAP je střední arteriální tlak a CVP je centrální žilní tlak. Koeficient 80 je pouhý přepočet jednotek.