

Lékařská fakulta v Plzni

Univerzita Karlova v Praze

MONITORACE V ANESTEZII A INTENZIVNÍ PÉČI

MUDr. Jan Beneš, Ph.D.

ARK FN Plzeň



*„Modernizace didaktických metod cestou podpory systému elektronického vzdělávání“,
reg.č. CZ.1.07/2.2.00/28.0198*



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Úvod

Sledování základních vitálních i ostatních funkcí v průběhu anestezie, monitorované péče či na jednotkách intenzivní péče je základním předpokladem kvalitního a bezpečného vedení terapie. Požadavky na množství a frekvenci sledovaných parametrů se samozřejmě mohou významně odlišovat v různých situacích. Spektrum monitorovaných veličin a způsob provedení by vždy měl vhodně doplňovat základní klinické sledování tak, aby nemocný nebyl zatížen zbytečným rizikem plynoucím z nadměrné monitorace (nepřiměřeně vysoká invazivita) ale zároveň nehrozilo riziko přehlédnutí důležitých výkyvů monitorovaných parametrů. V následující kapitole se budeme věnovat problematice základní a rozšířené monitorace anestezovaných a kritických nemocných.

Monitorace

Sledování základních vitálních i ostatních funkcí v průběhu anestezie, monitorované péče či na jednotkách intenzivní péče je základním předpokladem kvalitního a bezpečného vedení terapie. Požadavky na množství a frekvenci sledovaných parametrů se samozřejmě mohou významně odlišovat v různých situacích. Pro běžnou anesteziologickou péči je za absolutní minimum považováno dle doporučeného postupu ČSARIM sledování krevního tlaku (postačuje intermitentně s frekvencí 1x za 5 minut), saturace periferní krve pulzním oxymetrem (SpO_2), EKG (většinou modifikované tří svodové) a v případě řízené ventilace i $ETCO_2$ (koncentrace CO_2 na konci výdechu). Současné možnosti monitorace nicméně významně přesahují tento bazální rámec. Jednotlivé způsoby sledování se od sebe mohou lišit v několika attributech – invazivitě a četnosti poskytování výsledku. Z toho pohledu hovoříme o metodách:

- **neinvazivních** (není porušena integrita lidského organismu – měření krevního tlaku manžetou, pulzní oxymetrie)
- **invazivních** (integrita organismu je porušena, podle míry rizika často rozlišujeme dále)
 - **málo invazivní** postupy - rizika nejsou zásadní – například přímé měření krevního tlaku zavedením katétru do arteria radialis)
 - **vysoce invazivní** (zavedení monitorace může významně ohrozit nemocného a je vždy nutné zvážit poměr přínos/riziko – například monitorace srdečního výdeje plicnicovým katétre, měření intrakraniálního tlaku)

Z hlediska četnosti poskytování monitorované hodnoty se může jednat o metody

- **kontinuální** (monitorace je prováděna setrvale, grafickým vyobrazením je typicky křivka běžící v čase, číselné hodnoty jsou často průměrovány v určité předem definované době – sledování EKG nebo pulzní oxymetrie)
- **intermitentní** (změření je provedeno jednou za čas, frekvence měření je většinou definovatelná uživatelem, v mezidobí ale není parametr sledován vůbec – měření krevního tlaku manžetou)

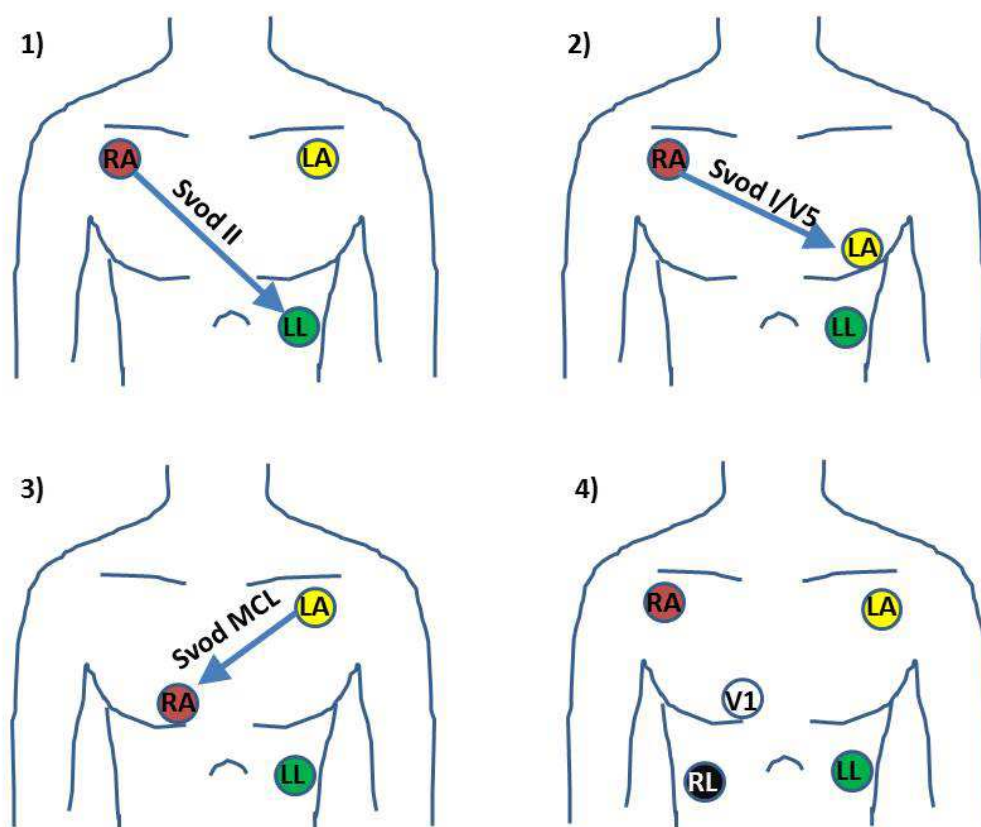
V následujících kapitolách se budeme věnovat nejdůležitějším sledovaným parametrům podle příslušných orgánových soustav.

Monitorace kardiovaskulárního systému

Jak již bylo zmíněno v úvodu, je sledování funkce srdce a cévního systému absolutním základem monitorace nemocného. I v minimálním rozsahu by měly být sledovány tři základní parametry: elektrická aktivita srdeční (EKG), mechanická aktivita (pulsová vlna SpO₂) a krevní tlak.

EKG - elektrokardiogram

Běžně užívaná EKG monitorace v rámci anestezie a intenzivní péče nenahrazuje klasické 12 svodové EKG díky své neinvazivitě a výraznému zvýšení bezpečnosti nemocného je ale jednou z nejpodstatnějších součástí monitorace oběhové soustavy. Pro kontinuální sledování se v naprosté většině případů užívá 3 svodová modifikace EKG s využitím nalepovacích AgCl elektrod. Tato adaptovaná technika umožňuje sledovat hlavně elektrickou frekvenci srdeční a potenciální rozvoj arytmií. Rozvoj ischemie je zaznamenán s menší senzitivitou než u klasického EKG. Základní rozložení elektrod (obr. 1) poskytuje možnost záznamu svodu II a modifikovaného V5 svodu. Ty jsou optimálním kompromisem pro zhodnocení kondukčních abnormalit a arytmií (svod II), ischemií nad spodní (svod II) a přední + laterální stěnou (V5). V některých specifických indikacích (koronární jednotky apod.) se využívá i modalit s více svody (5 a více) ke zvýšení šance zachytu poruchy prokrvení srdce. Vedle toho jsou monitory často vybaveny interní analýzou rytmu a ST segmentu, která v případě rozpoznání patologie spustí alarmové hlášení eventuálně i uloží do paměti přístroje či na vzdálený server záznam příslušné křivky k pozdější manuální analýze. Účinnost automatické analýzy ovšem významně ovlivňuje počet artefaktů vyvolaných interferencí se zevními vlivy (kupř. elektrokoagulace), proto má pro péči na operačním sále jen velmi limitovaný význam. Na jednotkách intenzivní péče a monitorovaných lůžkách s telemetrií (bez nepřetržité přítomnosti personálu u lůžka) může mít ale automatická analýza nezastupitelnou úlohu.



Obrázek 1- Základní možnosti rozložení elektrod u 3- a 5-svodového EKG

- 1) Nejčastěji užívané rozložení elektrod a monitorovaný svod II
- 2) Alternativní rozložení umožňující i částečnou analýzu ischemického poškození laterální stěny
- 3) Modified Chest Lead je alternativou svodu V1 umožňuje analýzu přední stěny
- 4) Rozložení 5-svodového EKG

Krevní tlak (arteriální)

Krevní tlak nemocného je další ze základních parametrů sledovaných v rámci anesteziologické péče. Nejčastěji je krevní tlak měřen **neinvazivně** pomocí **manžetových automatických manometrů** odvozených od klasické manuální metody s využitím Korotkovových fenoménů. Poslech fonendoskopem je v případě automatické analýzy přístrojem nahrazen **oscilometrem** snímajícím pulsace přenesené na nafouknutou manžetu. Přístroj je takto schopen zaznamenat **systolický** (nástup oscilací), **střední** (maximum) i **diastolický** tlak (vymizení oscilací). Krevní tlak je touto metodou měřen nejčastěji na paži nemocného, možné je i naložení na stehno. Volbě velikosti manžety je nutno věnovat velkou pozornost, neboť příliš malá manžeta může vést k nadhodnocení a velká k podhodnocení měřených hodnot. Stejně tak je důležité sledovat polohu končetiny (manžety) vzhledem k úrovni srdce – vertikální vzdálenost 10 centimetrů znamená odchylku 7,4 mmHg v měření. Četnost automatického měření je nastavitelná v rozmezí 3 a více minut. Tato frekvence není postačující u nemocných s nestabilním oběhem. Výrazná hypotenze, se kterou se u těchto pacientů setkáváme, dále významně snižuje spolehlivost neinvazivního měření.

U nemocných s oběhovou nestabilitou proto volíme **invazivní** možnosti **měření** krevního tlaku. To vyžaduje provedení arteriální kanylace, nejčastěji arteria radialis na zápěstí, možné jsou

ale i jiné lokalizace. Tlaková vlna krve je přes kanylu přímo přenášena cestou nepoddajných setů vyplněných tekutinou na membránu tlakového převodníku, který pomocí piezoelektrického jevu generuje napětí úměrné výšce snímaného tlaku. I v tomto případě je nutno dbát na správné uložení tlakového snímače s ohledem na úroveň srdce (za nulovou úroveň je brán průsečík 5 mezižebří se střední axilární čarou). Výhodou metody je kontinuální záznam tlakové křivky umožňující okamžitou reakci na případné výchylky. Ve spojení se speciálními monitory lze získanou křivku dále analyzovat a získat tak i základní hemodynamické parametry (viz dále). Přítomnost arteriálního katétru vedle toho umožňuje celkem pohodlné provádění krevních odběrů včetně analýzy krevních plynů bez nutnosti dalších punkcí. Nevýhodou je riziko rozvoje hematomu, infekce či poruchy prokrvení. Arteriální kanyla musí být vždy důsledně označena a nesmí být použita pro podávání léků.

Centrální žilní tlak

Stanovení tlaku ve velikých žilách vedoucích do srdce je v intenzivní medicíně používáno k aproximaci tlaku v pravé komoře na konci diastoly. **Centrální žilní tlak** (CVP z angl. Central Venous Pressure) se měří stejně jako jiné invazivní tlaky pomocí přímého přenosu tlaku tekutinou na membránu převodníku. Nutnou podmínkou je zavedení centrálního žilního katétru do povodí vena cava superior (měření prováděná z femorálních žil jsou zcela nepřesná pro interferenci s abdominálním tlakem a výrazný vliv polohování nemocného). Z fyziologického pohledu je tento tlak mírou napnutí vláken srdce před zahájením stahu, zhodnocuje tedy srdeční preload. V klinické praxi potom bývá užíván k odhadu velikosti cévní náplně, i když jeho přínos je hlavně ve schopnosti zhodnotit extrémní hypo- a hyper- volémii. Umělá plicní ventilace přetlakem může významně ovlivnit hodnoty měřeného CVP.

Monitorace hemodynamiky a tlaků v plicním oběhu

Měření tlaku (arteriálního i centrálního žilního) nemusí být v rámci intenzivní péče o kriticky nemocného postačující pro adekvátní vedení terapie. Pro možnost optimálního cílení intervence je nutné odlišení třech základních determinant srdeční výkonnosti: srdeční kontraktility, afterloadu a preloadu.

Kontraktilita srdečních vláken je posuzována měřením **tepového objemu** (SV – Stroke Volume) a rezultujícího **srdečního výdeje** (CO – Cardiac Output, který je násobkem minutové frekvence srdeční tepovým objemem). Tyto parametry nám poskytují informaci o množství krve přečerpané srdcem a umožňují tedy další kalkulace odvozených parametrů kupř. substrátů dodaných tkáním (DO_2 – **dodávka kyslíku**).

V současné době máme k dispozici několik možností jak srdeční výdej monitorovat. Původní metodika pomocí diluce s využitím **plnicového katétru** je již užívána relativně zřídka pro svoji vysokou invazivitu. Mnohem častěji se setkáváme s **transpulmonálními** formami **indikátorové diluce**, kdy indikátor (nejčastěji chladný roztok nebo Lithium) je podán ve známém množství do centrálního žilního katétru a jeho koncentrace po naředění cirkulující krví je snímána v systémovém tepenném řečišti. Tato forma měření je zatížena větším množstvím potenciálních chyb, pro běžnou praxi je ale dostačující, měření je prováděno intermitentně. Jinou možností je zhodnocení toku v aortě či na aortální chlopni pomocí **Dopplerova principu** sonograficky. To vyžaduje buď zavedení jícnového čidla ke kontinuální monitoraci výdeje, nebo opakovaná echokardiografická zhodnocení. Echokardiografie samozřejmě poskytuje vedle stanovení výdeje i plný přehled o srdeční morfologii a je v současné době považována za jeden z klíčových postupů ve

stanovení hemodynamického profilu nemocného. Poslední relevantní možností monitorace srdečního výdeje je tzv. **analýza tepové křivky** – vychází z principu matematické modelace vztahu mezi tepovým objemem a tvarem křivky arteriálního tlaku. Jedná se o minimálně invazivní postup umožňující kontinuální sledování hemodynamiky nemocného, pro stanovení základních determinant modelu je ovšem často nutné provedení kalibrace jinou metodou – nejčastěji transpulmonální dilucí v rámci integrovaného přístroje.

Stanovení ostatních dvou determinant je v klinické praxi obtížnější a je prováděno většinou nepřímou kalkulací z hodnot měřených tlaků.

- **Afterload** – dotížení - levé komory je stanoven mírou odporu, která je kladena cirkulující krvi (**systémová vaskulární rezistence** - SVR) výpočtem při znalosti středního arteriálního, centrálního žilního tlaku a srdečního výdeje.
- **Preload** – předtížení - levé komory je obtížné stanovit bez znalosti plicního tlaku levé komory. U většiny nemocných je používán jako míra preloadu centrální žilní tlak. S ohledem na rozdílnou poddajnost levé a pravé komory ale může být tlak na konci diastoly v levé a pravé komoře odlišný. U nemocných, kde předpokládáme takový rozdíl (selhávající pravá komora srdeční atp.) je nutné pro stanovení tlaku v levé komoře zavedení **plicnicového** (tzv. Swan-Ganzova) **katétru**. Tento katétr je pomocí nafukovací manžety na svojí špičce cestou centrálních žil zaveden přes pravé srdce do plicních tepen. Po obliteraci jedné z větví nafouknutým balonkem dochází k vyrovnání tlaků mezi prekapilárním a postkapilárním systémem a na špičce katétru je měřena hodnota odpovídající plicnímu tlaku levé komory (tzv. **tlak v zaklínění** – PCWP – Pulmonary Capillary Wedge Pressure). Při vyfouknutí balonku je monitorována hodnota arteriálních tlaků v plicní cirkulaci (což dále umožní kalkulaci rezistence plicní cirkulace). Jedná se o metodu vysoce invazivní zatíženou mnoha komplikacemi (vč. velmi ojedinělých smrtících) jejíž užití musí být odůvodnitelné přínosem pro nemocného.

Parametry získané rozšířenou monitorací a další z nich odvozené kalkulacemi umožňují významnou individualizaci terapie a cílení léčebných intervencí. Aby bylo hodnoty možno porovnávat mezi nemocnými, využívají se v praxi místo zmíněných absolutních hodnot **indexované parametry na plochu těla**: hovoříme potom o srdečním indexu (CI), tepovém indexu (SVI) apod.

Tabulka 1 - Základní hodnoty hemodynamických parametrů

| | Zkratka | Jednotka | Norma | Vztah |
|--|-------------------|--|------------------|---|
| Aretriální krevní tlak | AP, ABP | | | |
| - systolický | STK, SAP | mmHg | 100-140 | |
| - diastolický | DTK, DAP | mmHg | 60-90 | |
| - střední | MAP | mmHg | 70-105 | $MAP = 1/3 \cdot STK + 2/3 \cdot DTK$ |
| Srdeční frekvence | TF, HR | l/min | 60-90 | |
| Minutový srdeční výdej (Cardiac Output) | CO | l/min | 4-6* | |
| Srdeční index (Cardiac Index) | CI | l/min/m ² | 2,5-3,5 | $CI = CO/BSA$ (povrch těla) |
| Tepový (systolický) objem (Stroke Volume) | SV | ml | 50-100 (>70)* | $SV = CO/HR$ |
| Tepový index | SVI | ml/m ² | 35-50 (>35) | $SVI = SV/BSA$ |
| Centrální žilní tlak (Central Venous Pressure) | CŽT, CVP | mmHg | 2-8 | |
| Tlak v a. pulmonalis | PAP | mmHg | | |
| - systolický | SPAP | mmHg | 16-25 | |
| - diastolický | DPAP | mmHg | 8-12 | |
| - střední | MPAP | mmHg | 9-16 | $MPAP = 1/3 \cdot SPAP + 2/3 \cdot DPAP$ |
| Tlak v zaklínění | PAOP, PCWP | mmHg | 8-12 | |
| Systémová vaskulární rezistence | SVR | dyn*s*cm ⁻⁵ | 800-1200* | $SVR = 80 \times (MAP-CVP)/CO$ |
| Index systémové vaskulární rezistence | SVRI | dyn*s*cm ⁻⁵ /m ² | 1400-1800 | $SVRI = 80 \times (MAP-CVP)/CI$ |
| Index plicní vaskulární rezistence | PVRI | dyn*s*cm ⁻⁵ /m ² | 45-290 | $PVRI = 80 \times (MPAP-PCWP)/CI$ |
| Saturace smíšené žilní krve kyslíkem | SvO ₂ | % | 65-80 | |
| Dodávka kyslíku indexovaná na BSA | DO ₂ I | ml/m ² /min | 520-720 | $DO_2I = CI \times (1,34 \cdot Hb \cdot SaO_2 + 0,038 \cdot PaO_2)$ |
| Spotřeba kyslíku indexovaná na BSA | VO ₂ I | ml/m ² /min | 110-180 | |
| *) vzhledem k interindividuální variabilitě ve velikosti těla je stanovení normy pro neindexované parametry pouze orientační | | | | |

„Modernizace didaktických metod cestou podpory systému elektronického vzdělávání“, reg.č. CZ.1.07/2.2.00/28.0198



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Monitorace respiračního systému

Sledování funkcí respiračního systému je zaměřeno vedle základního parametru dechové frekvence jednak na zhodnocení plicních funkcí s ohledem na výměnu plynů a na druhou stranu v případě umělé plicní ventilace na monitoraci mechanických parametrů k zajištění bezpečnosti této orgánové podpory.

Dechová frekvence

Zhodnocení dechové frekvence je bazálním fyziologickým parametrem této vitální funkce a je základem monitorace v jakémkoli kritickém stavu. U spontánně ventilujících nemocných frekvenci stanovujeme buď přímou observací, nebo kontinuálně pomocí pletysmografie při napojení nemocného na EKG. Tato metoda je nicméně zatížena velikým počtem artefaktů a nepřesností. U pacientů na umělé plicní ventilaci je počet dechů buď kalkulován ventilátorem na podkladě hodnot tlaku a průtoku vzduchu v dýchacím systému.

Monitorace plynů

K základním monitorovaným plynům patří bezesporu kyslík (O_2), oxid uhličitý (CO_2), dále v anestezii oxid dusný (N_2O) a koncentrace volatilních anestetik. Stanovení dostatečné oxygenace periferních tkání je prováděno **pulsní oxymetrií** – fotometrické čidlo emitující světelné záření několika definovaných vlnových délek je umístěno na prst nebo jinou snadno prosvítitelnou část těla. Množství adsorbované energie je odlišné pro různé tkáně a vlnové délky, což při vhodné kombinaci umožňuje rekonstruovat pulzní křivku a stanovit poměr oxygemoglobinu a deoxyhemoglobinu a tím saturaci kyslíkem. Vzhledem k tomu, že běžně užívaná čidla emitují pouze světlo 2 vlnových délek (660 a 960 nm), nejsou schopna odlišit ostatní (patologické) formy hemoglobinu (karbonylhemoglobin, methemoglobin). Tuto analýzu umožňují až novější přístroje s větším počtem emitovaných vlnových délek. V případě centralizace oběhu při šokovém stavu nebo hypotermii často nebývá monitorace SpO_2 vůbec možná, nebo je zatížena velikou nepřesností.

Sledování množství CO_2 ve vydechovaném vzduchu je prováděno **kapnometricky** – přesné stanovení je ovšem možné pouze u nemocných napojených na dýchací systém. I v tomto případě se pro stanovení hodnoty koncentrace CO_2 používá adsorpce infračerveného záření. Většina zařízení neposkytuje pouze hodnotu koncentrace CO_2 na konci výdechu (**ETCO₂ - end-tidal CO₂**), ale také kapnografickou křivku. To umožňuje jednak aproximaci hodnoty alveolární (a tedy i arteriální) koncentrace CO_2 ale také vyhodnotit podle tvaru křivky různé základní odchylky (kupř. obnovu spontánní dechové aktivity, prodloužení výdechu při obstrukci aj.). Normální hodnota EtCO₂ se pohybuje v rozmezí 4,6-5,3 kPa (35-45 mmHg). V obou případech (SpO_2 i ETCO₂) platí, že hodnoty měřené těmito technikami se ve většině případů blíží hodnotám v arteriální krvi. Dostatečné přesnosti pro adaptaci terapie u nemocných se závažným respiračním či oběhovým selháním dosáhneme pouze provedením **analýzy krevních plynů z arteriální krve**.

U nemocných v celkové anestezii napojených na dýchací okruh je vedle hodnot SpO_2 a ETCO₂ nutná také analýza **složení vdechované a vydechované směsi**. Ty jsou většinou zaměřeny na stanovení koncentrace kyslíku (**FiO₂ – inspirační frakce kyslíku** event. Exspirační - FeO₂), oxidu dusného a volatilních anestetik. Systém analýzy na vdechu i výdechu umožňuje stanovení míry syčení organismu anestetiky, je ale také základním

„Modernizace didaktických metod cestou podpory systému elektronického vzdělávání“, reg.č.
CZ.1.07/2.2.00/28.0198



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



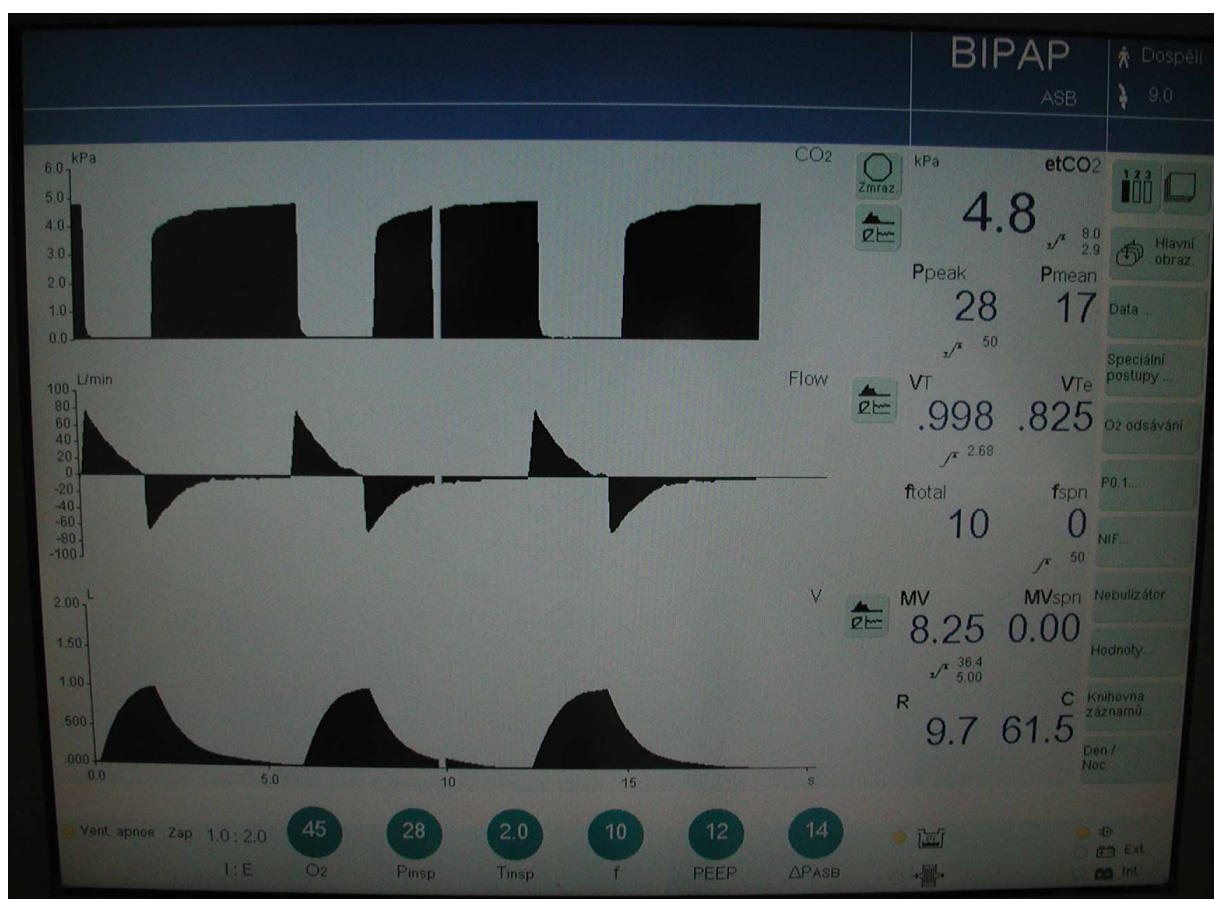
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

bezpečnostním prvkem zabráňujícím podání hypoxické směsi v případě anestezie s nízkým příkonem čerstvé směsi (low a minimal flow).

Monitorace parametrů při umělé plicní ventilaci

Vedle výměny plynů v plicích je důležitou součástí monitorace respiračního systému i sledování základních hodnot určujících charakter a agresivitu poskytované ventilační podpory. K těm nejzákladnějším patří měření reálné **dechové frekvence** (většinou rozložene jako frekvence deklarovaná ventilátorem a spontánní dechy spouštěné nemocným) a objemové parametry – většinou formou velikosti jednotlivého dechového objemu (**Vt – tidal volume**) a celkové **minutové ventilace** (MV – minute ventilation). K zabránění volumotraumatu by Vt neměl přesáhnout u ohrožených nemocných 8ml/kg ideální tělesné hmotnosti. K dalším monitorovaným veličinám patří **tlak v dýchacím okruhu** – ten sledujeme v okamžiku vrcholu nádechu (Pmax nebo Ppeak – špičkový tlak), na konci inspiria po vyrovnání tlakových gradientů (Pplat) a konečně na konci expiria. U většiny nemocných ventilovaných přetlakem ponecháváme na konci expiria v okruhu reziduální přetlak vedoucí k distenzi plicních sklípků a zlepšení výměny krevních plynů tzv. **PEEP (Positive end-expiratory pressure)**. Současné sofistikované dýchací přístroje užívané jak v anesteziologii tak intenzivní péči umožňují sledovat vedle těchto základních parametrů i celou řadu jiných proměnných, jejich výčet nicméně přesahuje rozsah pregraduální výuky.



Obrázek 2 - Obrazovka ventilátoru pro intenzivní péči s typicky sledovanými parametry

Monitorace dalších důležitých parametrů

Teplota

U nemocných v průběhu celkové anestezie dochází vlivem anestetik na termoregulační centrum ke snížení schopnosti těla udržet teplotu. V jiných situacích vedou reakce organismu (například zánět) ke změně tělesné teploty. V neposlední řadě je manipulace s teplotou i formou léčebné (projektivní) strategie u nemocných po zástavě oběhu. Z těchto důvodů patří monitorace tělesné teploty k jednomu z velmi důležitých parametrů. Teplota je měřena buď na povrchu těla, nebo v tělesném jádru (kde je za normálních okolností o cca 0,5 stupně Celsia vyšší). Nejčastěji jsou stále používány **klasické teploměry** měřící teplotu v axile (povrch) u menších dětí v ústech nebo rektu (jádro). Lihové teploměry v tomto případě zcela vytlačili teploměry rtuťové, při jejichž poškození hrozí riziko uvolňování toxické rtuti do okolí. Velice oblíbenými se v současné době staly teploměry měřící pomocí **reflexe emitovaného záření**. Snímání je provedeno na čele v úrovni vlasové čáry nebo jiným typem po zavedení do zevního zvukovodu. S ohledem na lokalizaci může být v obou případech chybovost v důsledku nepřesného zavedení/přiložení velmi podstatná. Další alternativou jsou potom termodynamické **bimetalové články** a čidla. Ta jsou buď přikládána na povrch těla, nebo zavedena do tělních dutin (nejčastěji distální jícen nebo rektum). Specifickou formou jsou potom permanentní močové katétry vybavené teplotním čidlem nebo intravaskulární termistorové katétry.

Diuréza

Množství moči vyprodukované nemocným za časovou jednotku (diuréza) je dalším z důležitých parametrů. Nevýhodou je výrazná nespecifita – pokles diurézy pod 0,5ml/kg/hod (**oligurie**) nebo 50ml/den (**anurie**) může být známkou nedostateční perfuze ledvin při hypovolémií, šokovém stavu, nitrobřišní hypertenzi nebo také akutního selhání ledvin. Nejčastěji je diuréza při anestezii nebo v intenzivní péči monitorována zavedením permanentního močového katétru (eventuálně invazivní epicystostomií) a následným napojením na jímací sáček (s celkovou nebo hodinovou mírkou). U všech nemocných s anestézií delší 2 hodin a nemocných upoutaných na lůžko s poruchou vědomí by měla být močová cévka zavedena. Stejně tak jako množství vyprodukované moči je v intenzivní péči důležité sledovat pravidelně **tekutinovou bilanci** nemocného. V počáteční fázi kritického onemocnění se většinou převažuje množství tekutin podaných nemocnému (tzv. pozitivní tekutinová bilance). V pozdější fázi onemocnění bychom se kumulaci tekutin měli naopak vyhnout a snaha o udržení vyrovnané či negativní bilance výrazně redukuje míru intersticiálního edému a zvyšuje šance nemocného na přežití.

Svalová relaxace

Monitorace hloubky svalové relaxace je užívána u nemocných v doplňované celkové anestezii pro přesnější titraci podávání myorelaxancií, anebo jejich antidot k vyloučení tzv. reziduální blokády po ukončení anestezie. Monitorace je založena na principu transkutánní stimulace motorických vláken nervu a sledování svalové odezvy. Nejčastěji je pro tyto účely využíván nervus ulnaris v oblasti předloktí s měřením záškubů m.adductor pollicis. Měření vlastního záškubu je prováděno mechano- nebo akcelerometricky. Některé starší přístroje provádějí pouze stimulaci a odpověď je sledována prostým zrakem, přesnost takového měření ovšem není velká. Vlastní postup stimulace a monitorace je závislý na hloubce svalové

„Modernizace didaktických metod cestou podpory systému elektronického vzdělávání“, reg.č. CZ.1.07/2.2.00/28.0198



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

relaxace a typu užitého relaxancia (depolarizující a non-depolarizující). Měřena může být jednak síla jednotlivé kontrakce nebo série dvou či čtyř stimulací za sebou (pak se hodnotí nejen síla ale také její úbytek daný oslabením nervosvalového přenosu blokádou – tzv. **train of four - TOF**). V případě hluboké blokády se využívá naopak zesílení kontrakce, která následuje po tetanické (vysokofrekvenční) stimulaci nervosvalového přenosu (**post-tetanic count**). Měření hloubky svalové relaxace není nutnou součástí sledování v anestezii, významně však přispívá k její bezpečnosti.

Monitorace nervových funkcí

Sledování nervových funkcí a mozkové aktivity umožňuje objektivizovat hloubku poruchy vědomí ať už navozené uměle anestetiky či dané jinými vlivy. Multimodální techniky jsou dále schopny blíže lokalizovat postižení. Žádná z těchto technik není s ohledem na svoji náročnost prováděna rutinně. K vedení anestezie bývá v indikovaných případech užíván tzv. **Bispektrální index (BIS)**. Indikací pro tuto monitoraci může být kupříkladu vysoké riziko náhlého pohybu anestezovaného při užití doplňované anestezie bez možnosti svalové relaxace v neurochirurgii apod. Bispektrální index je formou matematicky procesovaného EEG záznamu z prefrontálního kortexu získaného z elektrody napojené na čelo nemocného. Výsledkem analýzy je bezrozměrné číslo v rozpětí 0-100, které koreluje s hloubkou útlumu korové aktivity. Hladina BIS nad 80 svědčí pro nedostatečný útlum, optimální je vedení anestezie v rozpětí 40-60. Užití BIS dle některých autorů snižuje riziko peroperačního bdění a na druhou stranu zrychluje probouzení díky přesnějšímu dávkování anestetik. V našich poměrech je technika s ohledem na svoji vysokou cenu jen málokdy užívána. Ostatní možnosti monitorace nervových funkcí, tedy **vícepásmové EEG** nebo somatosenzorické či motorické **evokované potenciály** patří do rukou neurofyziologa a neurologa. V perioperační a intenzivní péči je využíváme k monitoraci a prevenci trvalého poškození nervových drah a mozku v průběhu operace (endarterektomie a. carotis, operace páteře) nebo u nemocných se strukturálním poškozením mozku (kraniotrama, poresuscitační syndrom, status epilepticus). V těchto indikacích nemají tyto metody pouze monitorovací, ale i prognostický potenciál.

Intrakraniální tlak

V některých případech patologicky zvýšeného tlaku v určitých tělesných kompartmentech může dojít snížením efektivního tlakového gradientu k omezení průtoku krve. Největší riziko pro přežití nemocného má vznik nitrolební hypertenze. Dle **Monroovy doktríny** dochází v okamžiku nárůstu objemu mozku, krve či likvoru vzhledem k pevné kostěné schráně lebky k nárůstu nitrolebního tlaku. Rozdíl mezi středním arteriálním tlakem (MAP) a **intrakraniálním tlakem (ICP)** nazýváme efektivní **mozkový perfuzní tlak (CPP)**, přičemž hodnoty pod 65 mmHg jsou dle studií spojeny s rozvojem mozkové hypoperfuze a poškozením vyšších nervových funkcí. Měření intrakraniálního tlaku je možné pouze invazivní formou navrtáním a vložením čidla buď do komorového systému, nebo do parenchymu mozku. Z těchto důvodů je nutná přísná indikace tohoto vysoce rizikového zákroku omezená na případy, kdy je nitrolební hypertenze předpokládána na podkladě jiného (většinou zobrazovacího vyšetření).

Nitrobřišní tlak

Další formou kompartmentového syndromu s rizikem rozvoje orgánového poškození je **nitrobřišní hypertenze**. Ta doprovází často těžké záněty v dutině břišní, může být ale i následkem excesivního tekutinového přívodu. Nejčastější známkou rozvoje intraabdominální hypertenze je pokles diurézy v důsledku snížení perfuzního gradientu ledvin. Nitrobřišní tlak je měřen v močovém měchýři speciálním monitorovacím setem napojeným na permanentní močový katétr.

Další doporučená literatura

- Cvachovec K. et al.: Zásady bezpečné anesteziologické péče, doporučený postup ČSARIM, http://www.csarim.cz/Public/csim/22%20%20DP_safety_anesth_CSARIM_final_approval_140212.pdf
- Černý V. et al.: Invazivní hemodynamické monitorování v praxi, Grada, Praha 2000
- Dostál P. et al.: Základy umělé plicní ventilace, Maxdorf, Praha, 2005
- Herold I. Et al: Svalová relaxancia v anesteziologii a intenzivní péči, Maxdorf, Praha, 2004
- Kasal E. et al.: Základy anesteziologie, resuscitace, neodkladné medicíny a intenzivní péče pro lékařské fakulty, Karolinum, Praha, 2004
- Málek J. et al.: Praktická anesteziologie, Grada, Praha 2011
- Ševčík P., Černý V., Vítovec J. et al.: Intenzivní medicína, Galén, Praha 2000