

spojena se zvýšenou stresovou reakcí, horší hemodynamickou stabilitou a dysregulací koagulačního, metabolického a imunitního systému. Obecně se objevily 3 různé strategie monitorování: monitorování motorických reflexů, centrálního nervového systému a autonomního nervového systému. I přes jejich nedostatky lze jasně říci, že nociceptivní monitorování překonává standardní klinické monitorování bolesti hodnocením vitálních funkcí a vede ke snižování perioperačního užívání opioidů. Laferrière-Langlois et al. se v této oblasti věnují především pupilometrii, SPI (surgical pleth index), ANI (analgesia nociception index) a NLI (nociception level index) a naznačují, jak by jejich používání mohlo ovlivnit budoucí vývoj. A nastiňují i očekávatelné důsledky budoucích monitorovacích technologií pro anesteziologickou praxi, kde se předpokládají 3 transformační scénáře: pomoc při vytváření optimálního analgetického léku, nástup obousměrných neuron-mikroelektronických rozhraní a synergickou kombinaci hypnózy a virtuální reality [27, 28]. Stav současné evidence monitorace DoA hodnotí i práce Brook et al. s tím, že existují jasné důkazy, že monitorování DoA může snížit výskyt nedostatečně hluboké anestezie, pooperačního deliria a zlepšit některé pooperační výsledky a pooperační klinické ukazatele, jako jsou orgánová dysfunkce, mortalita a délka pobytu. I přes to, že technologie monitorování DoA mají svá omezení, je monitorování DoA velkým příslibem pro zvýšení bezpečnosti pacientů ve většině, ne-li u všech, anesteziologických populací [29]. Temmermand et al. pak upozorňují, že stárnutí vede k anatomickým a fyziologickým změnám v mozku, které jej činí citlivějším na tlumivé účinky anestetik a zvyšují riziko pooperačních neurokognitivních komplikací, jako je pooperační delirium a pooperační kognitivní dysfunkce. Začlenění monitorovacího systému DoA, např. BIS, do klinické praxe u starších pacientů tak může přispět k individuálnějšímu a na pacienta zaměřenému přístupu k vedení anestezie, což v konečném důsledku zlepší perioperační výsledky a bezpečnost [30]. V použití BIS u chirurgických výkonů byly ale v řadě studií zaznamenány rozporupné výsledky týkající se přínosu této technologie pro monitorování hloubky anestezie. Metaanalýza Gu et al. proto analyzovala 40 RCT s výsledkem, že ve srovnání s konvenčním monitorováním hloubky anestezie snížilo monitorování BIS riziko pooperační kognitivní dysfunkce (RR = 0,85), zkrátilo dobu otevření očí, dobu zotavení orientace, dobu extubace a dobu pobytu na PACU. Vedle toho monitorace pomocí BIS signifikantně snížila dávku anestetik. Z výsledků vyplývá, že použití BIS u celkové anestezie zvyšuje nejen efektivitu anesteziologické péče, ale i celkovou účinnost chirurgické péče [31]. Schmierer et al. k tématu monitorace DoA vypracovali syntetické review se zaměřením na EEG techniky a jejich úlohu při zlepšování klinického monitorování. Na základě zkoumání 117 článků s významným dopadem se jejich hodnocení zabývá nuancemi extrakce příznaků, vytvářením modelů a návrhem algoritmů v analýze DoA založené na EEG. Identifikují mezery ve znalostech, zejména potřebu lepší spolupráce pro přístup k datům, která je nezbytná pro vývoj úspěšných modelů strojového učení a prediktivních algoritmů pro řízení anestezie u pacientů v reálném čase. Vyzývají také k zdokonalení procesů hodnocení modelů, aby byla zajištěna jejich robustnost u různých demografických skupin pacientů a anestetik. A zdůrazňují potenciál technologického pokroku pro zvýšení přesnosti, bezpečnosti a výsledků pacientů v anestezii, což otevírá cestu k novému standardu v anesteziologické péči [32]. Nové

technologie, napříč medicínou, a tudíž i v anesteziologii, jsou v současné době propojovány s umělou inteligencí (AI).

## AI v anesteziologii

Umělé inteligenci a jejímu klinickému využití v anesteziologii se věnuje systematický přehled Lopes et al., do kterého bylo zahrnuto celkem 46 článků, které byly rozděleny do 4 kategorií s ohledem na jejich klinickou použitelnost: monitorování hloubky anestezie, techniky řízené obrazem související s anestezií, predikce událostí/rizik souvisejících s anestezií a kontrola podávání léčiv. Ve všech oblastech vykazovala většina testovaných metod umělé inteligence lepší výsledky ve srovnání s tradičními metodami. Příkladem je použití AI pro periferní nervové blokády nebo cévní přístupy. A výsledky ukazují například významně zvýšenou přesnost identifikace cíle jehly pro epidurální anestezii, kde ve srovnání s klinickou metodou pouze manuální palpce dosahují AI systémy založené na konvoluční neuronální síti (CNN) správnou identifikaci úrovně bederních obratlů s přesností 85 %, u obézních pacientů (s BMI nad 3) pak s úspěšností na první pokus 80 %. Systém navádí anesteziology k otáčení a úpravě polohy ultrazvukové sondy, aby našli ideální místo vpichu. Podle zjištění dokázali i anesteziologové s omezenými zkušenostmi s interpretací ultrazvukových snímků najít ideální místo punkce rychle a přesně. Jiným příkladem mohou být prediktivní modely na podkladě neuronových sítí a strojového učení (ML) při předpovídání postindukční hypotenze (definované jako hypotenze vyskytující se od tracheální intubace do incize) s úspěšností 84 %. Nebo k identifikaci pacientů s vysokým rizikem hypotenze během spinální anestezie, kde AI modely dosahovaly senzitivity i specifity 76 %, tedy vyšší než zkušené anesteziologové (senzitivita 16–36 %, specifita 64–87 %). Použití umělé inteligence bylo studováno také při predikci dalších komplikací, jako je hypoxemie nebo PONV, kde jako vstupů pro predikci PONV bylo použito 7 proměnných – pohlaví, typ operace, ASA status, délka anestezie, kuřácké návyky, anamnéza předchozí PONV a užití pooperačního opioidu – a AI vykazovala přesnost 83 %. Systémy umělé inteligence se úspěšně integrují do klinické praxe i v anesteziologii a zlepšují rozhodovací schopnosti lékařů, přesnost diagnostiky a terapeutickou odezvu [33]. Zdravotnictví v současné době generuje obrovské množství elektronických zdravotních údajů a jejich zpracování, a hlavně interpretace se bez AI již nedokáže obejít. Ukázkovým příkladem je kardioanestezie a následná intenzivní péče. Mathis et al. ve svém přehledu zkoumali silné stránky a omezení AI/ML při monitorování hloubky anestezie, transtorakální/transezofageální echokardiografie a optimalizace zdrojů na operačním sále. Výsledkem hodnocení je přesvědčení, že AI a ML mohou významně přispět k pochopení mnoha složitých, a zatím nepochopených scénářů zdravotní péče, a to nejen v kardioanesteziologii, ale i v dalších oborech, a mohly by se uplatnit při řešení problémů v oblasti monitorace hloubky anestezie, optimalizace kardiologických operačních sálů, echokardiografie a dalších perspektivních oborů. Vzhledem k absenci multicentrických údajů nebo důkladného testování, případně včetně klinických studií, je však třeba dbát na opatrnost, aby se při zavádění modelů založených na umělé inteligenci a ML předešlo zkreslení a nezamýšleným důsledkům nebo možnému poškození pacientů. Aby se takové aplikace mohly