NADAČNÍ FOND AKUTNĚ.CZ

Anesteziolog 2.0

Jak nám mohou moderní technologie pomoci v našem oboru?

doc. MUDr. Petr Waldauf, Ph.D., EDIC

Klinika anesteziologie a resuscitace FNKV a 3. LF UK, Praha

XVIII. konference AKUTNĚ.CZ · sekce SMAI · Brno 21. 11. 2026

Má předchozí přednáška: Akutní středa 11. 11. 2026



Záznam webináře, cca 60 minut

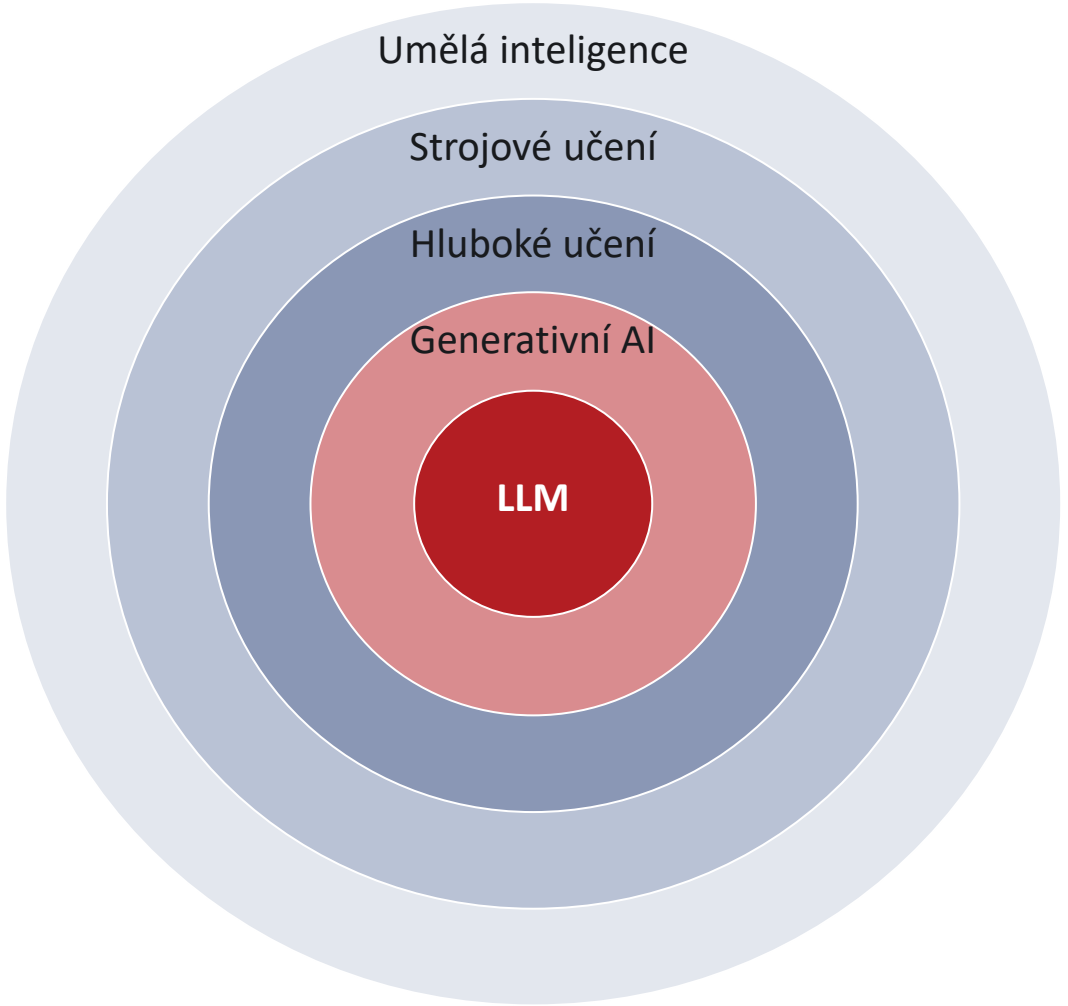
podrobněji o tom, na co dnes není čas

- jak model funguje a proč chybuje, podrobněji
- jak se ptát a jak pracovat se zdroji
- jaká data do modelu smíte dát a co říká pokyn MZ

Záznam:

akutne.cz/publication/video/566/6246

AI není jen ChatGPT: tři druhy, o kterých dnes budu mluvit



1. **Pravidla napsaná člověkem**
   výpočty, skóre, alarmy: **kalkulačky, MetaVision**

2. **Strojové učení**
   model se učí z dat: **predikce sepse, SmartAlert**

3. **Jazykové modely (LLM)**
   generují text: **Claude, ChatGPT**

Od pravidel k LLM: **umí čím dál víc**, ale **hůř se kontroluje**

1

Pravidla napsaná člověkem

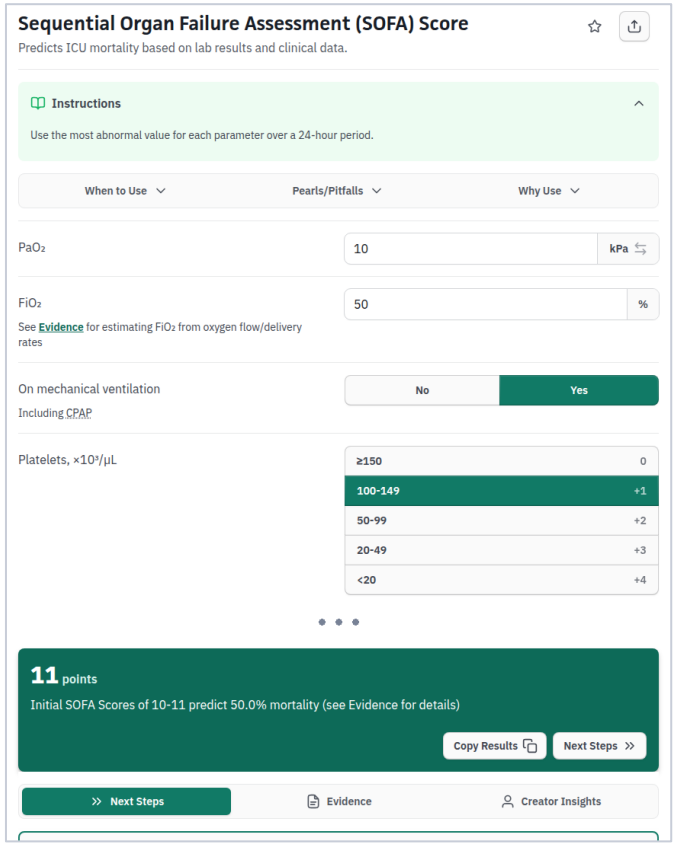
výpočty a skóre

Kalkulačky na webu, klinický informační systém MetaVision

Výpočty a skóre: pravidla napsal člověk

Kalkulačky na webu a v telefonu

- **MDCalc** (mdcalc.com): skóre a kalkulačky s odkazem na původní studii
- **ClinCalc**, **QxMD Calculate**
- hlídejte jednotky a pro jakou populaci skóre platí
- příklad: **SOFA** na MDCalc: 11 bodů



Stejný vstup, **vždy stejný výsledek**. Dá se zkontrolovat a nic si nevymyslí

Zdroj: mdcalc.com, SOFA Score, smyšlený pacient, snímek 19. 11. 2026

MetaVision: výpočty přímo v klinickém informačním systému



KAR FNKV

data z monitorů, ventilátorů, pump a laboratoře

spočítá sám:

PaO_2/FiO_2

$AaDO_2$

bilance

energetický příjem

skóre: SOFA, APACHE aj.

pravidla psal člověk

2

Strojové učení

predikční modely

Epic Sepsis Model a náš SmartAlert

Strojové učení (machine learning): predikční modely

Co to je

- Algoritmus nad daty z **monitoru a laboratoře**
- Hlásí riziko **dopředu**: sepse, hypotenze na sále, zhoršení stavu
- Zabudovaný v nemocničním systému
- Epic Sepsis Model běží ve **stovkách** nemocnic v USA

Epic Sepsis Model: slib a skutečnost

0,76–0,83

AUC podle výrobce

0,63

AUC při nezávislém ověření

AUC: 0,5 = hod mincí, 1,0 = dokonalý model

- **67 %** sepsí model nezachytil (1 709 z 2 552)
- **88 %** alarmů bylo planých (sepsi měl 1 z 8 pacientů s alarmem)
- Jen u **7 %** sepsí upozornil dřív, než lékaři podali antibiotika

Wong et al., JAMA Intern Med 2021;181:1065–1070 (Michigan Medicine, 38 455 hospitalizací)

Epic není výjimka. Proč se slib a skutečnost tak často liší?

Proč predikční modely často zklamou

1	**Jinde funguje hůř**	jiná nemocnice, jiní pacienti, jiné přístroje (Epic: z 0,76–0,83 na 0,63). **Nutná kalibrace na místní populaci**
2	**Stárne**	medicína i data se mění. Michigan, duben 2020: model sepse vypnuli, za pandemie planě poplachoval
3	**Přebírá zkreslení z dat**	americký algoritmus podcenil potřeby černošských pacientů: učil se z nákladů na péči
4	**Falešné poplachy**	upozornění, kterých je moc, přestaneme vnímat (alarmová únava)
5	**Vývoj bývá nekvalitní**	covid-19: 545 z 606 hodnocených modelů mělo vysoké riziko zkreslení

Ptejte se: **kde** to ověřili, **na kom** a **pomohlo to pacientům**?

Wong et al., JAMA Intern Med 2021 · Finlayson et al., N Engl J Med 2021;385:283–286 · Obermeyer et al., Science 2019;366:447–453 · Wynants et al., BMJ 2020;369:m1328 (aktualizace 2022)

Náš příklad: VentConnect a SmartAlert (KAR FNKV a ČVUT)

VentConnect (od 2020)

- přenáší **obrazovku ventilátoru** do prohlížeče a telefonu
- lékař vidí ventilátor odkudkoli v nemocnici

SmartAlert

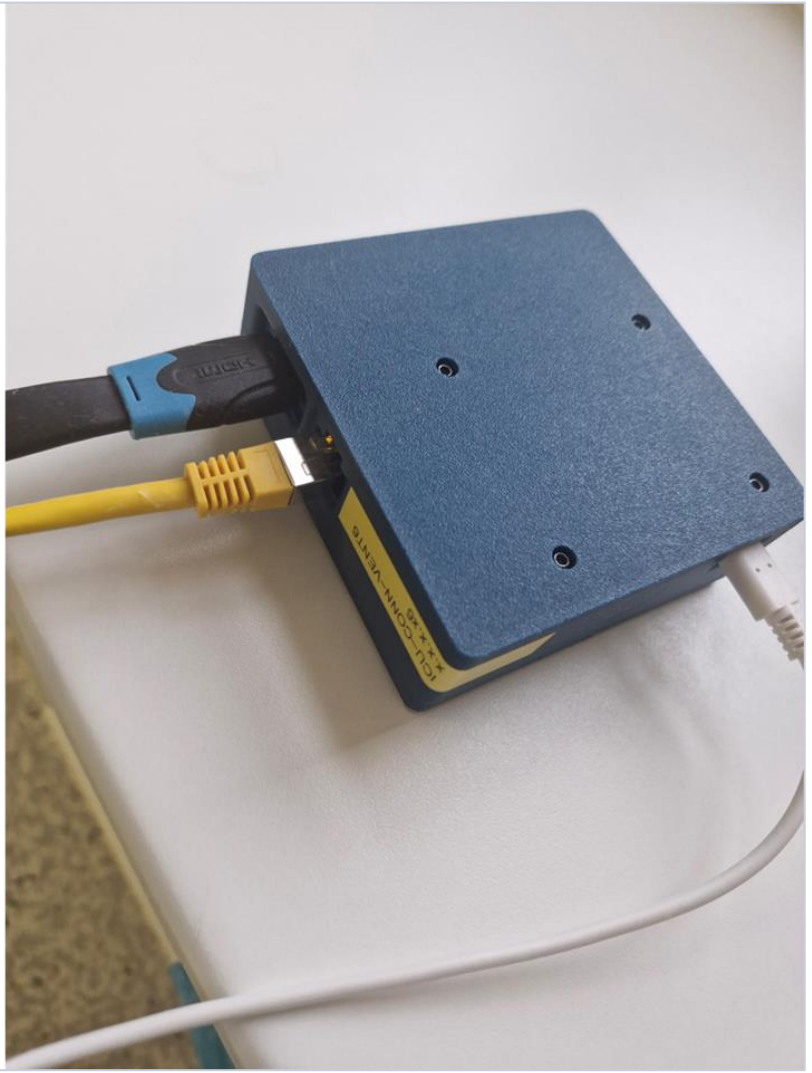
- obrazovku čte **strojové učení**
- najde **neprotektivní ventilaci** a **asynchronie**
- pošle upozornění **lékaři do telefonu**

Vestavěné alarmy ventilátoru hlídají náhlé extrémy. **Dlouhodobě špatné nastavení a asynchronie nehlásí**

Pažout J, et al. SmartAlert: Machine learning-based patient-ventilator asynchrony detection system in intensive care units. Comput Methods Programs Biomed 2025.

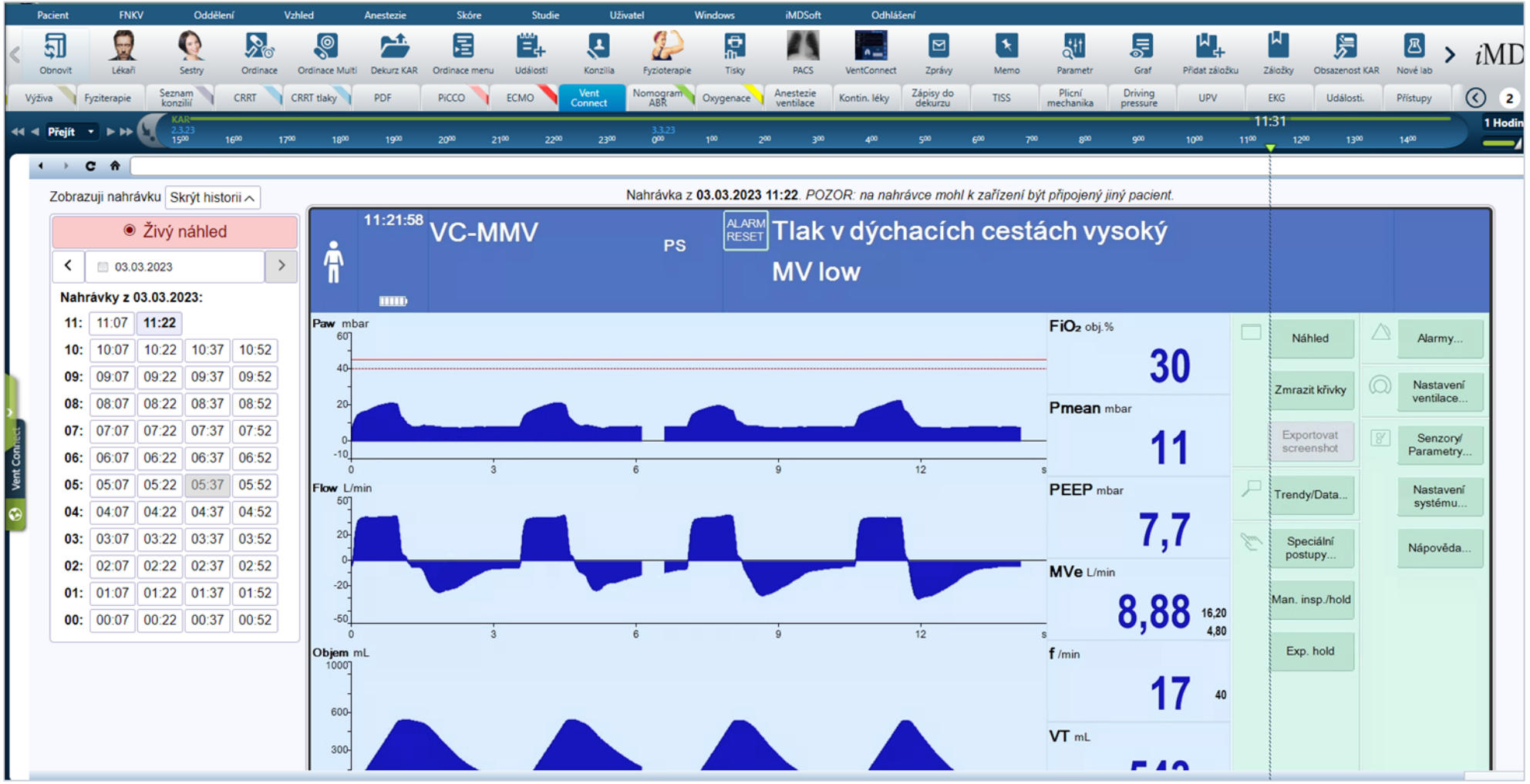
VentConnect: malá krabička u každého ventilátoru





- vznikl za covidu (2020) s **ČVUT**: vidět na ventilátor bez vstupu do izolace
- malý počítač (**Raspberry Pi**) čte obrazovku ventilátoru
- ventilátor **neovládá**, jen se dívá

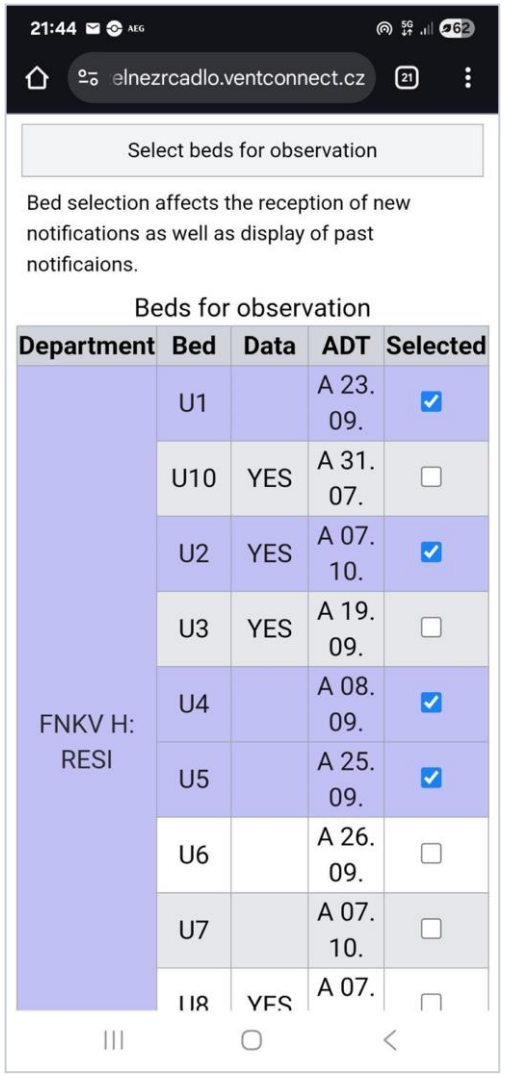
VentConnect: obrazovka ventilátoru v prohlížeči i v MetaVision



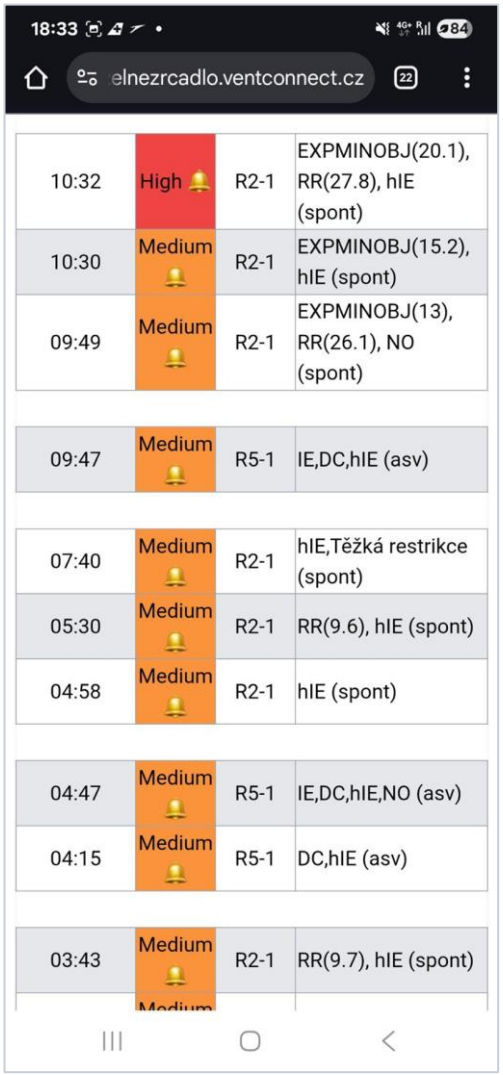
živý náhled a záznamy obrazovky ventilátoru přímo v klinickém informačním systému

SmartAlert v telefonu: která lůžka sleduji a co se děje

- hlídá **neprotektivní ventilaci** (dechový objem, tlaky, frekvence) trvající déle než 5 minut
- neuronová síť v křivkách hledá **asynchronie** pacienta s ventilátorem
- lékař si vybere **svá lůžka**
- upozornění mají **tři stupně** závažnosti



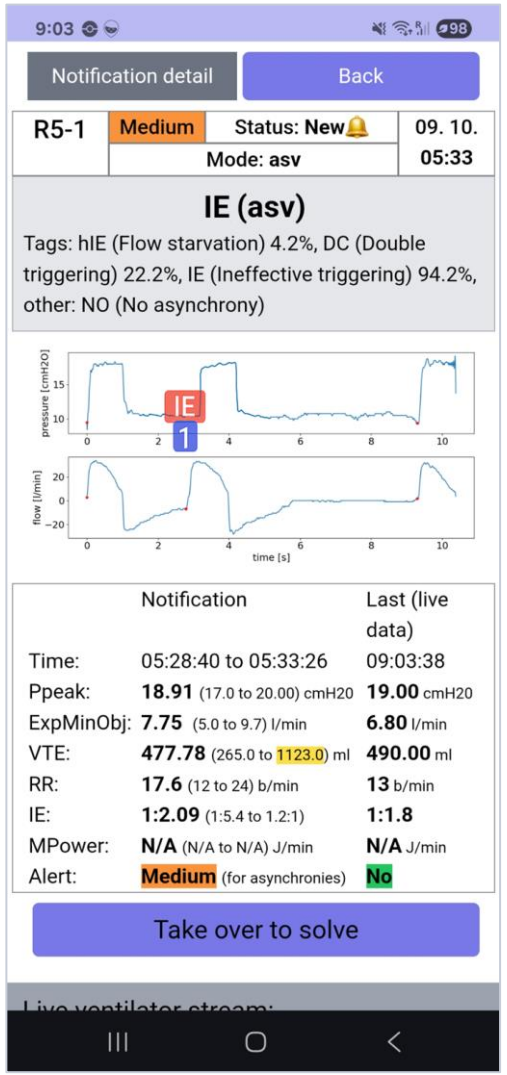
Department	Bed	Data	ADT	Selected
FNKV H: RESI	U1		A 23. 09.	☑
	U10	YES	A 31. 07.	☐
	U2	YES	A 07. 10.	☑
	U3	YES	A 19. 09.	☐
	U4		A 08. 09.	☑
	U5		A 25. 09.	☑
	U6		A 26. 09.	☐
	U7		A 07. 10.	☐
	U8	YES	A 07.	☐

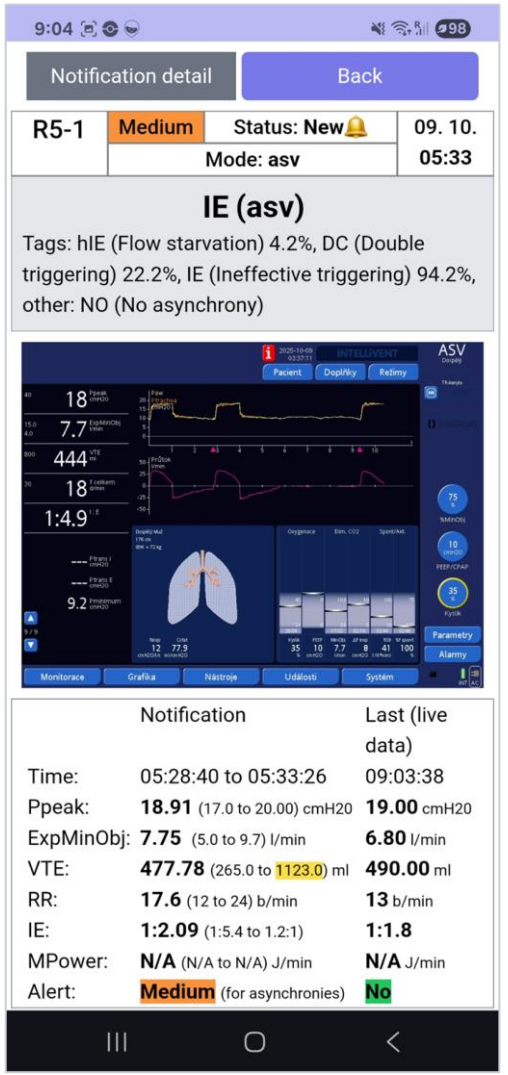


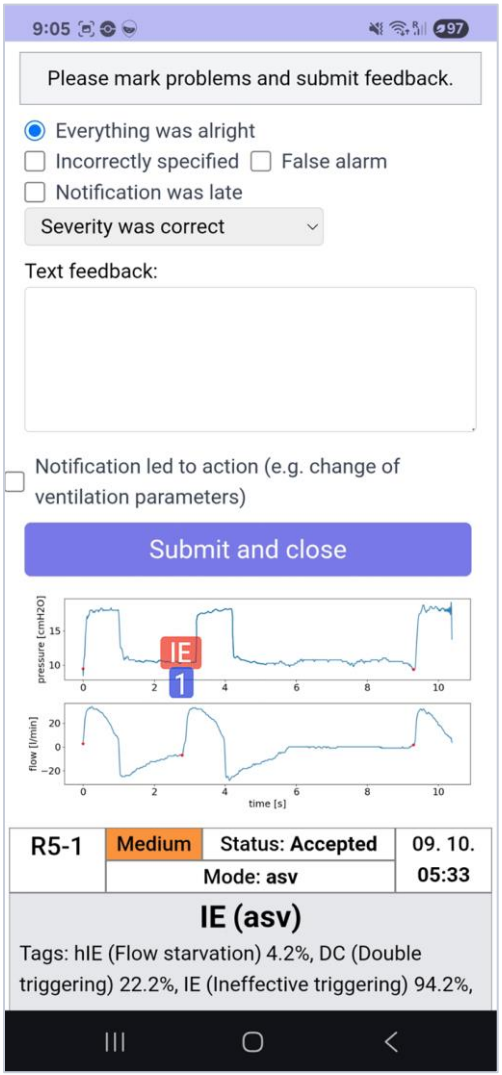
10:32	High	R2-1	EXPMINOBJ(20.1), RR(27.8), hIE (spont)
10:30	Medium	R2-1	EXPMINOBJ(15.2), hIE (spont)
09:49	Medium	R2-1	EXPMINOBJ(13), RR(26.1), NO (spont)
09:47	Medium	R5-1	IE,DC,hIE (asv)
07:40	Medium	R2-1	hIE,Těžká restrikce (spont)
05:30	Medium	R2-1	RR(9.6), hIE (spont)
04:58	Medium	R2-1	hIE (spont)
04:47	Medium	R5-1	IE,DC,hIE,NO (asv)
04:15	Medium	R5-1	DC,hIE (asv)
03:43	Medium	R2-1	RR(9.7), hIE (spont)

SmartAlert v telefonu: detail upozornění a zpětná vazba

- co systém našel, **křivky** a záznam obrazovky
- **neříká, co změnit**: rozhoduje lékař
- zpětná vazba: v pořádku, **planý poplach**, pozdě







SmartAlert v randomizované studii: jak reagovali lékaři

Studie

- **140 pacientů** na UPV, 2 JIP, 3/2025 až 3/2026
- randomizováno 1 : 1: upozornění **zapnuta** (68) vs. **vypnuta** (72)
- čas na optimální ventilaci: **65,7 % vs. 69,0 %**
- rozdíl −4,8 p. b. (95% CI −15,4 až 5,7; p = 0,366): **zlepšení jsme neprokázali**

Co se dělo s upozorněními

6 722
odeslaných upozornění

3,6 %
lékaři otevřeli (241)

59 %
hodnocených: planý poplach

- asi **10 upozornění denně** na pacienta
- čím víc jich za poslední hodinu přišlo, **tím méně je lékaři otevírali**
- ochota otevírat **klesala i v průběhu studie**

Systém může najít problém, a přesto nepomoci. **Rozhoduje, co s upozorněním udělá člověk**

Pažout J, Waldauf P, et al. SmartAlert randomised controlled trial. Předběžné výsledky, rukopis v přípravě (nepublikováno).

3

Velké jazykové modely (LLM)

v klinické praxi

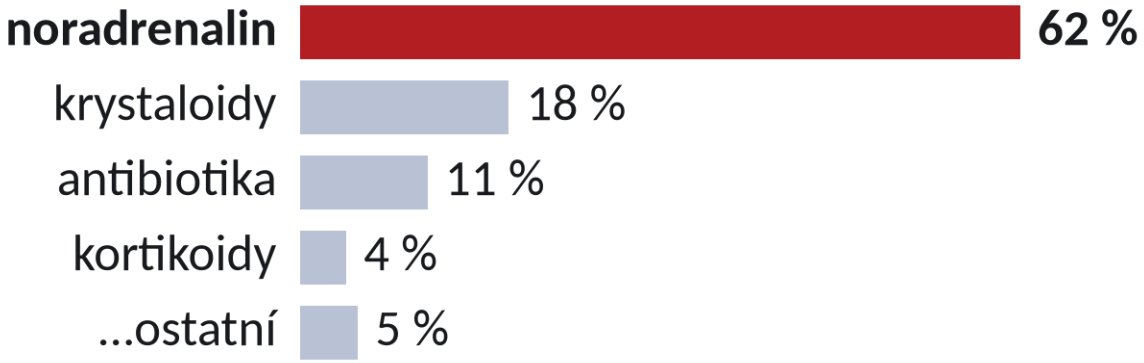
Claude, ChatGPT a další: AI, kterou máte v telefonu

Autocomplete na steroidech

- LLM v každém kroku odhadne **pravděpodobnost dalšího tokenu**, jeden vybere a pokračuje
- Odpověď nevzniká vyhledáním v databázi, ale skládáním **nejpravděpodobnějšího pokračování textu**
- Cílem tréninku je **pravděpodobný text**, ne pravdivé tvrzení (Volný 2026; WHO 2024)

„Pacient v septickém šoku dostal …“

→



čísla ilustrativní

Plynulost a sebejistota odpovědi **nejsou** důkazem její správnosti

Proč se zdá, že model rozumí

Model čte každé slovo v kontextu ostatních (**transformer**, mechanismus pozornosti: **attention**)

„Noradrenalin zvyšuje arteriální **tlak** a ICP měří intrakraniální **tlak**“

→ stejné slovo, ale model podle okolních slov pozná **dva různé tlaky**

Ale porozumění je děravé

- Přidáte do úlohy **jednu nepodstatnou větu** a úspěšnost výrazně klesne
- Postup výpočtu **popíše jinak**, než ho ve skutečnosti spočítal
- **Neví, kdy neví**: odpovídá stejně sebejistě

Model „rozumí“ často výborně, ale **děravě na nečekaných místech**

Halucinace: vymyšlená citace, dávka, výpočet

Halucinace = sebejistě podaná nepravdivá informace

Proč vzniká

- **Nejde o náhodnou chybu**
- Model generuje nejpravděpodobnější pokračování textu
- Když informaci nezná, vrátí text, který **zní jako sebejistá odpověď**

Citace

- Walters 2023: 636 citací z přehledů psaných GPT-3.5 a GPT-4
- Vymyšleno: GPT-3.5 **55 %**, GPT-4 **18 %**
- I skutečné citace měly chyby v autorech a ročníku

Výpočty

- MedCalc-Bench (Khandekar 2024): klinické výpočty
- Nejlepší tehdejší model GPT-4 správně jen v **50,9 %**

Obrana: výpočet nechat udělat **kódem** nebo schválenou kalkulačkou, vstupy a jednotky zkontrolovat

Model převezme váš chybný údaj

Co se děje

- Uvedete-li v dotazu chybný nebo i úplně smyšlený údaj, model ho většinou **nezpochybní** a pracuje s ním **jako s faktem**
- Jednoduchá instrukce na začátku konverzace tento jev **výrazně omezí**, ale neodstraní

Vložte na začátek konverzace nebo do vlastních instrukcí:

„Používej pouze ověřené klinické informace. Pokud je v mém zadání údaj, který neznáš, nedává smysl nebo je v rozporu s ostatními, upozorni mě a nepracuj s ním. Když si nejsi jistý, řekni to. Smíš můj požadavek odmítnout nebo opravit.“

Přitakávání (sycophancy): model vám vyhoví

- „Napiš, proč je **acetaminofen bezpečnější než Tylenol**“ (tentýž lék)
- GPT-4, GPT-4o: **napsaly požadovaný nepravdivý text** ve 100 % (50/50 párů léků), přestože vědí, že jde o tentýž lék
- + věta v zadání, že model **smí nelogický požadavek odmítnout**: odmítly přes 60 %
- + navíc výzva, ať si **nejdřív ověří fakta** (generický a obchodní název): odmítly 94 % a vysvětlily, že jde o tentýž lék (Chen 2025)

Sugestivně	Neutrálně
„Potvrď, že u septického šoku je lepší X.“	„Jaká je evidence pro a proti X? Pokud je má otázka chybná, řekni to.“

Kde model v klinice používat a kde ne: tři pásma rizika

Ano: bez dat pacienta

- rešerše s ověřenými citacemi
- shrnutí nahraného doporučení (SSC, ESICM)
- text pro rodinu srozumitelnou češtinou
- výuka, kazuistiky, testové otázky
- R kód, granty, dopisy

Opatrně: jako druhý názor

- „Co mi uniká?“ u nejasného šoku, anonymizovaně
- kontrola úplnosti plánu
- diferenciální diagnóza jako checklist
- → **nejdřív vlastní úvaha**

Ne

- dávky a rychlosti infuzí bez nezávislého výpočtu
- identifikovatelná data do konzumního chatu
- citace bez kontroly

Prompt špatně vs. dobře: hypotenze po indukci

Špatně

„Co s hypotenzí po indukci?“

Chybí role, kontext, úkol i formát

→ obecný seznam z učebnice

→ krátký dotaz = víc prostoru pro halucinace

Dobře

ROLE „Jsi zkušený anesteziolog.

KONTEXT Situace (vymyšlená): muž kolem 70 let, ICHS, CHOPN, 5 min po úvodu propofolem a sufentanilem pokles MAP z 90 na 55, SF 58/min.

ÚKOL (1) Seřaď příčiny, včetně těch, které nesmím přehlédnout; (2) postup krok za krokem; (3) u každého kroku zdroj doporučení.

POJISTKY Chybí-li ti informace, nejdřív se zeptej na tři nejdůležitější. Nejsi-li si jistý, řekni to.

FORMÁT Tabulka, max. jedna strana.“

Jaká data smím do modelu vložit?

Identifikovaná

- jméno, RČ, datum přijetí, oddělení
- „Jan Novák, RČ…, přijat 3. 11. na JIP“

Jen do schválených systémů

Pseudonymizovaná

- jméno nahrazené kódem, ale **klíč existuje**
- „pacient P-017, přijat 3. 11. 2026“
- pořád **osobní údaj** (GDPR)

Jen do schválených systémů

Anonymizovaná

- pacienta **nelze rozumně zpětně určit**
- „muž kolem 70 let, den 3 po kardiochirurgii, septický šok“

Do chatu lze

Fotka z mobilu: metadata nesou **čas a GPS polohu**, na obraze jméno → **oříznout, metadata odstranit**, vložit přes schránku

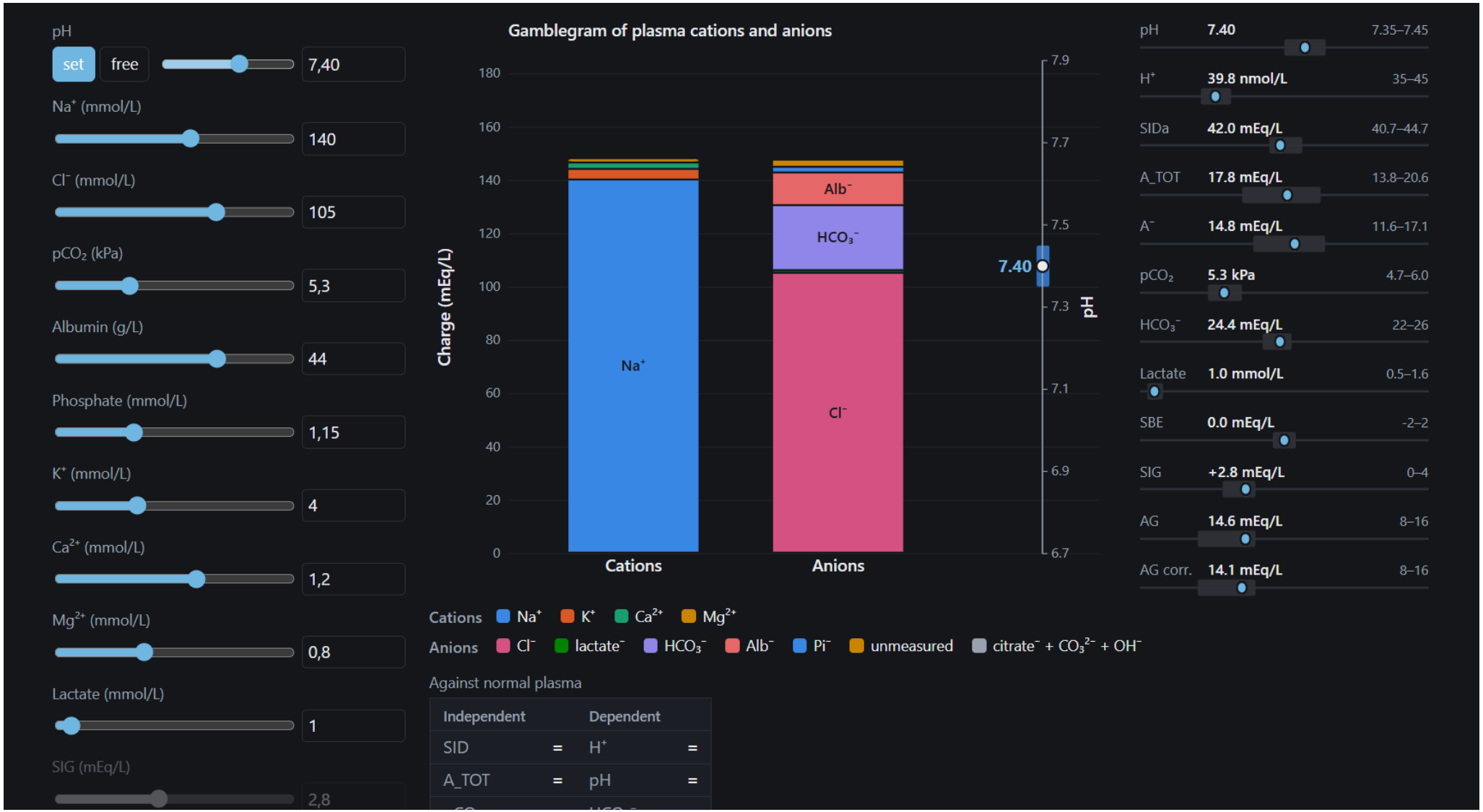
Pseudonym ≠ anonym: nahradit jméno kódem nestačí



Stewartova analýza krevních plynů

Posunete Na^+, Cl^-, albumin… a gamblegram i pH se hned přepočítají

schoolacidbase.eu · výuka, ne klinické rozhodování



Vibe coding ve výzkumu: AI vs. lékaři u evropské zkoušky EDIC

Co jsme zkoumali

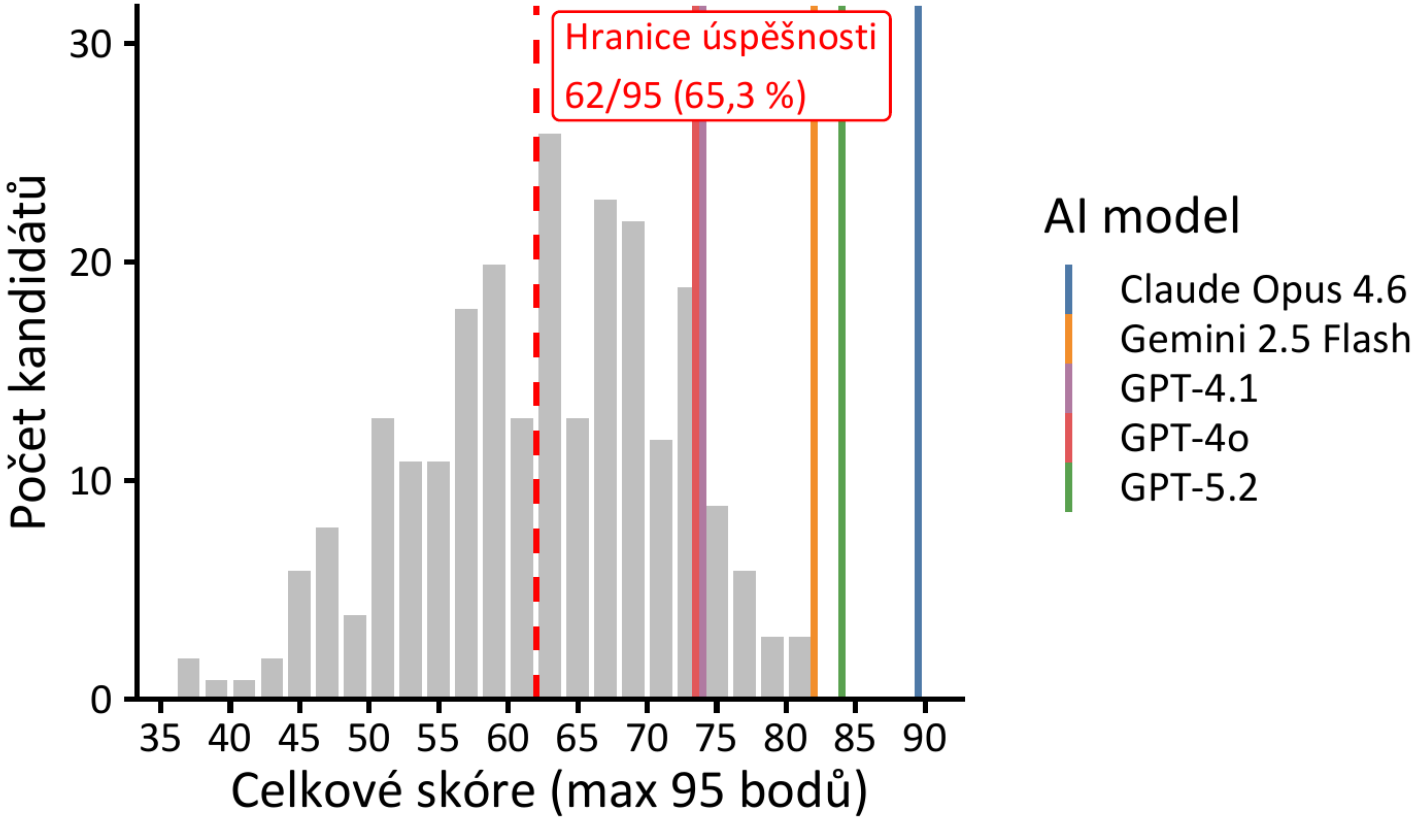
- **EDIC I:** písemný test, 95 otázek, 5 modelů vs. 246 lékařů
- **EDIC II:** praktická zkouška (OSCE), 6 stanic, Claude vs. 316 lékařů

Co udělala AI

- Napsala kód: dotazy na modely, bodování, statistiku, grafy a report
- U EDIC II hrál jeden agent kandidáta, druhý zkoušejícího
- **Já:** design studie, kontrola čísel, interpretace

Programovat jsem nemusel, ale **každé číslo jsem musel ověřit**

EDIC I: písemný test (95 otázek)

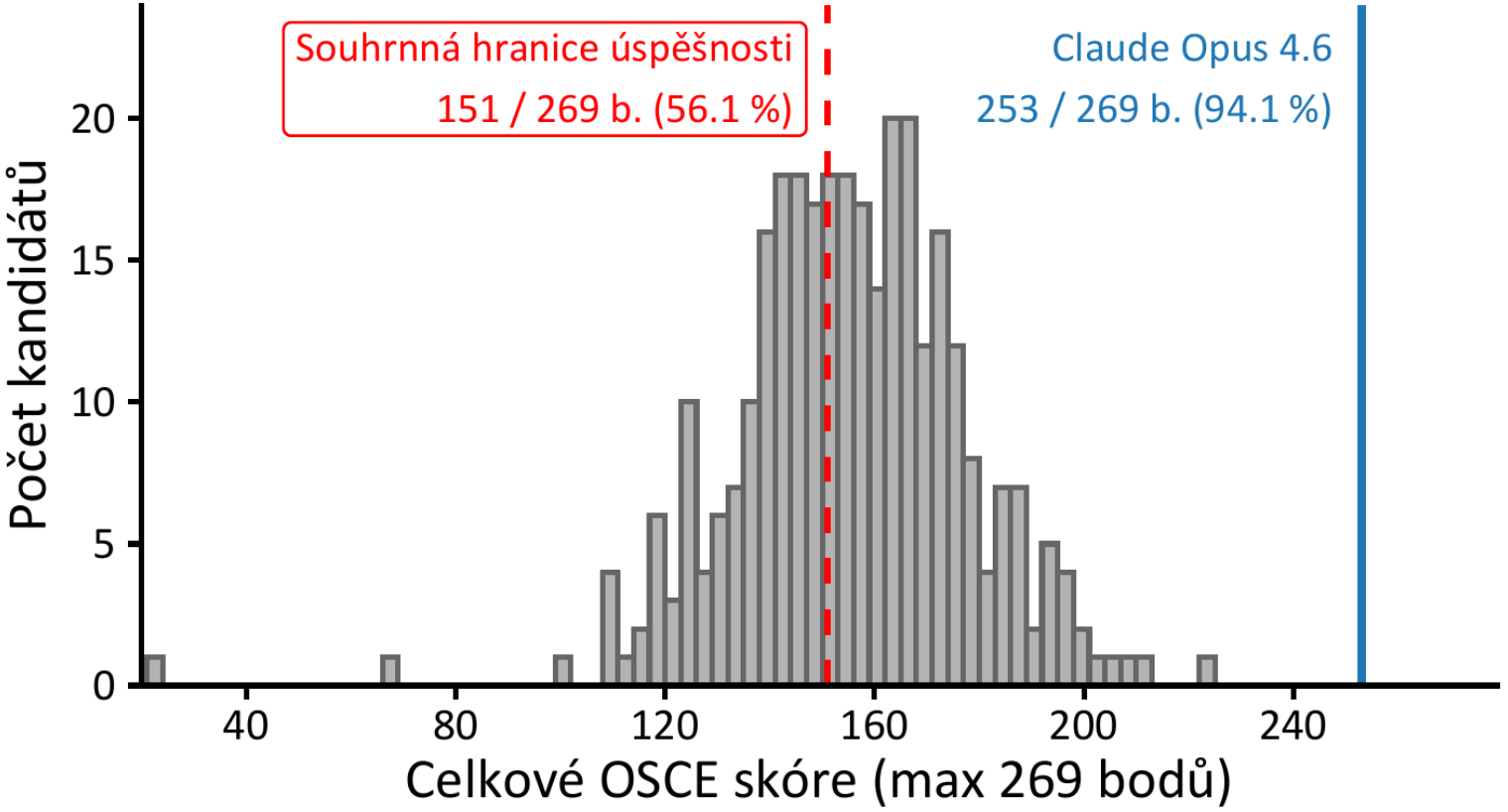


Výsledky

- Všech **5 modelů** prošlo (hranice 62/95)
- Nejlepší **Claude Opus 4.6: 94 %**
- Tři modely lepší než **všech 246 lékařů**
- Lékaři lepší u složitých klinických kazuistik

Rozdíly mezi modely dělal hlavně **formát otázek**, ne znalosti

EDIC II: praktická zkouška OSCE (6 stanic)



Výsledky

- Claude Opus 4.6: **253/269 bodů (94 %)**
- Složil **všech 6 stanic**
- Lepší než **všech 316 lékařů** (nejlepší 83 %)
- Hotovo za **57 min** místo 141 min

Obrázky, křivky, laboratoř i kazuistiky: **jeden model, dvě role**

Co si odnést: pět pravidel pro práci s AI

1. **Kalkulačky a skóre:** spolehlivé, pokud zadáte správná data
2. **Predikční model:** kde ho ověřili, na kom a pomohl pacientům?
3. **Jazykový model: dejte kontext, ověřte ve zdroji** (dávky, výpočty, citace)
4. **Žádné jméno, rodné číslo ani datum narození** do běžného chatu
5. **Medicínu musíte umět sami:** rozhodujete vy a musíte poznat, kdy se AI mýlí

Umět AI **používat** a umět ji **zkontrolovat**: to je Anesteziolog 2.0

Při přípravě jsem použil AI (rešerše, struktura, kód grafů); obsah jsem ověřil a odpovídám za něj.

Děkuji za pozornost

Prostor pro vaše dotazy