

AI that can save time and reduce errors

AI, ktorá môže šetriť čas aj chyby

Tomáš Uher, Elena Teringová

Národný ústav srdcových a cievnych chorôb, a. s., Bratislava, Slovenská republika

Uher T, Teringova E. **AI that can save time and reduce errors.** Cardiology Lett. 2026;35(1):38–41

Abstract. This text summarizes selected trends in digital health and artificial intelligence (AI) in cardiology with a focus on day-to-day clinical applicability. It highlights AI use-cases in electrocardiography and cardiovascular imaging, the potential of wearables and remote monitoring, and practical implementation aspects including validation, safety, accountability, and regulatory considerations. The aim is to provide a brief overview of what was presented at the ESC Digital & AI Summit 2025 in Berlin. Ref. 12, on-line full text (Free, PDF), www.cardiologyletters.sk

Keywords: digital health – artificial intelligence – cardiology – ECG – imaging – wearables

Uher T, Teringová E. **AI, ktorá môže šetriť čas aj chyby.** Cardiology Lett. 2026;35(1):38–41

Abstrakt. Tento text sumarizuje vybrané trendy digitálneho zdravotníctva a umelej inteligencie (AI) v kardiológii s dôrazom na použiteľnosť v každodennej praxi. Zhrnuté sú aplikácie AI v elektrokardiografii a kardiovaskulárnom zobrazovaní, potenciál nositeľných zariadení a vzdialeného monitorovania, ako aj praktické aspekty implementácie vrátane validácie, bezpečnosti, zodpovednosti a regulácie. Cieľom je poskytnúť stručný prehľad toho, čo zaznelo na ESC Digital & AI Summit 2025 v Berlíne. Lit. 12, on-line full text (Free, PDF), www.cardiologyletters.sk

Kľúčové slová: digitálne zdravotníctvo – umelá inteligencia – kardiológia – EKG – zobrazovanie – wearables

AI a EKG: oveľa viac než len rytmus a frekvencia

Diskusia o AI v EKG sa venovala aj pacientom s NSTEMI, u ktorých môže byť prítomná totálna oklúzia koronárnej artérie (OMI). Táto „skrytá“ oklúzia je spojená s vyšším rizikom mortality, čo podporuje potrebu spoľahlivejšej triáže a včasnej identifikácie (1). Na summite bola prezentovaná štúdia DIFOCULT-3, doteraz najväčšia prospektívna randomizovaná multicentrická štúdia AI-podporenej interpretácie EKG v kardiológii

(2). Porovnávala OMI prístup podporený AI s tradičným triedením STEMI/NSTEMI s cieľom presnejšie načasovať PKI a zlepšiť klinické výsledky (primárny endpoint bol jednoročná mortalita a rehospitalizácia). Podľa prezentovaných výsledkov AI identifikovala 92 % „skutočných“ STEMI už na úvodnom EKG oproti 71 % pri štandardnom triedení a výrazne znížila falošné aktivácie (7,9 % vs. 41,8 %). V AI-asistovanom ramene sa hlásila aj redukcia času door-to-balloon približne o 75 %, čo naznačuje potenciál zmenšiť diagnostické medzery pri prvom

Do redakcie došlo dňa 8. februára 2026; prijaté dňa 25. februára 2026

Korešpondenčný autor: MUDr. Tomáš Uher, Oddelenie všeobecnej kardiológie NÚSCH, a. s., Pod Krásnou hôrkou 1/7185, 833 48 Bratislava, Slovenská republika, e-mail: Tomas.uher@nusch.sk

kontakte a urýchliť reperfúziu liečbu. V arytmológii bol predstavený deep learning model na predikciu závažných komorových arytmií (VT/VF) (3). Retrospektívna analýza zahŕňala 247 254 14-dňových ambulantných holterov. Prakticky dôležité je, že z prvých 24 hodín záznamu dokázal model odhadnúť riziko udržiavajúcej sa VT počas nasledujúcich 13 dní, čo môže podporiť skoršie záchyty pacientov vyžadujúcich intenzívnejšie sledovanie. AI však nesmeruje len k detekcii rytmu či ischemických zmien. Zdôraznená bola aj schopnosť odhaliť „skryté diagnózy“ zo zdanlivo normálneho EKG, napríklad významné chlopňové chyby, hypertrofiu/dilatáciu ľavej komory alebo znaky systolickej dysfunkcie. To podporuje potenciál EKG ako lacného skríningového nástroja na selekciu pacientov pre ciele echokardiografické vyšetrenie, hoci klinická využiteľnosť bude závisieť od prospektívnej validácie a integrácie do rozhodovania (4). Prezentované boli aj aplikácie mimo kardiológie: detekcia hypoglykémie z krátkych úsekov „surového“ EKG s ambíciou nočného neinvazívneho varovania, okrem iného aj odhad krvného tlaku zo signálu EKG pre potenciálne kontinuálne monitorovanie bez manžety v nositeľných zariadeniach.

Smartwatch

V diskusii o nositeľných zariadeniach vystúpili aj lekári spolupracujúci so spoločnosťou Apple (5 – 7). Poukázali na rozsah dát – Apple Watch používa globálne približne 170 miliónov ľudí, čo vytvára veľký objem longitudinálnych údajov vhodných na spracovanie AI. Spomínané boli viaceré zdravotné funkcie, ktoré posúvajú zariadenie od pasívneho zberu dát k aktívnemu „coachingu“ cez personalizované notifikácie. Ako príklad uviedli funkciu, ktorá pri podozrivom signáli zachytenom fotopletyzografiou môže používateľa vyzvať: „odmerajte si krvný tlak“. Dôležitou témou bolo riziko falošne pozitívnych upozornení a nastavenie toho, komu a kedy notifikáciu poslať tak, aby prínos prevýšil záťaž pre pacienta aj systém (alert fatigue).

Echokardiografia

Veľká pozornosť sa venovala echokardiografii, kde sa AI prezentovala ako softvérový modul integrovaný

priamo v echoprístroji podporujúci vyšetrenie v reálnom čase. Prínos spočíva v automatizácii rutinných meraní (napríklad ejekčná frakcia, objemy komôr, hrúbka stien, vybrané parametre chlopňových funkcií) a v priebežnej kontrole kvality obrazu už na úrovni prístroja. Okrem kvantifikácie môže AI pomáhať aj pri rozpoznávaní typických vzorcov ochorení, čím znižuje závislosť výsledku od subjektívnej interpretácie a variability hodnotiteľov. V postprocesingu sa diskutovalo aj o generovaní predbežných správ a štruktúrovaných výstupov, ktoré urýchľujú reportovanie a štandardizujú dokumentáciu. Ako ukážka „asistovaného reportovania“ bol predstavený koncept EchoAgent („EchoGPT“), ktorý má automatizovať merania a interpretáciu s väzbou na klinické odporúčania. Používateľ nahrá echo-záznamy/obrázky a položí klinickú otázku, napríklad: Aký je rozmer IVSd/LVPWd? Systém vyhladá správnu projekciu, identifikuje end-diastolu a end-systolu, vykoná segmentáciu a vygeneruje kvantitatívne výsledky s interpretáciou podľa odporúčaní. Zo špecializovaných modelov bol prezentovaný Digital AS Severity index (DASSi) (8), na predikciu závažnosti a progresie aortálnej stenózy bez potreby dopplerovských meraní. V rozpoznávaní ťažkej AS dosahoval vysokú diskriminačnú schopnosť (AUROC 0,94 – 0,98) naprieč kohortami; vyššie hodnoty DASSi boli asociované s vyšším rizikom novej AS a rýchlejšou progresiou.

Zobrazovacie modality

V CTCA sa prezentovala AI analýza plakov s automatickou detekciou, segmentáciou a kvantifikáciou (kalcifikovaný/nekalcifikovaný/zmiešaný plak) aj s odhadom stenózy. Nástroje vykazujú vysokú zhodu s intravaskulárnymi referenčnými metódami (IVUS/OCT) a umožňujú aj sledovanie progresie v čase, čo môže zlepšiť individualizáciu rizika a prevencie (9). Kombinácia s FFR-CT alebo PET-CT môže zvýšiť presnosť pri hodnotení ischemie a funkčnej významnosti lézií. Pri OCT AI urýchľuje a štandardizuje hodnotenie plaku (typ, rozsah, znaky vulnerability) aj stentov (malapozícia, nedostatočné rozvinutie) (10, 11). Uvádzané bolo 5 – 6× zrýchlenie oproti manuálnej analýze. V CMR AI pomáha skrátiť skenovanie a urýchliť rekonštrukciu, čo je výhodné napríklad pri dyspnoe či arytmií. V postprocesingu

automatizuje segmentácie a výpočty (objemy, EF, masa) a pri LGE a T1/T2 mapovaní dokáže kvantifikovať jazvu, edém a difúziu fibrózu a podporiť rozlíšenie ischemickej vs. neischemickej etiológie (12).

Výzvy a limity implementácie: téma, ktorej sa venovalo významné množstvo času

Na summite sa popri technologických možnostiach veľa diskutovalo aj o tom, prečo sa sľubné AI modely ťažko prenášajú do praxe. Kľúčovým problémom je generalizovateľnosť: model trénovaný v jednom systéme nemusí fungovať rovnako inde pre rozdiely v populácii, prevalencii ochorení, prístrojoch, protokoloch a kvalite dát. Dôležitá bola aj vysvetliteľnosť a dôvera – bez aspoň čiastočnej interpretovateľnosti je ťažšie výstup komunikovať a obhájiť medicínsky aj právne. S tým súvisí otázka zodpovednosti pri chybe AI (lekár vs. pracoviisko vs. výrobca/poskytovateľ algoritmu). Opakovane zaznelo, že presvedčivé metriky z retrospektívnych analýz nemusia znamenať reálny prínos v praxi; chýbajú prospektívne štúdie a head-to-head porovnania v lokálnom workflow, ktoré by zhodnotili dopad na rozhodovanie, čas, náklady a bezpečnosť. Diskutoval sa aj ľudský faktor – riziko nadmerného spoliehania sa na automatizované výstupy a oslabenia manuálnych zručností, preto sa zdôrazňovalo, že AI má byť podpora, nie náhrada expertízy, s tréningom používateľov a jasnými pravidlami verifikácie/eskalácie. Samostatnou témou boli GDPR, ochrana dát a kyberbezpečnosť: práca s citlivými údajmi (najmä v cloude/externe) vyžaduje jasné dátové toky, anonymizáciu/pseudonymizáciu, audit prístupov a zmluvné ošetrovanie zodpovednosti.

Záver

ESC Digital & AI Summit 2025 v Berlíne potvrdil, že digitálna transformácia v kardiológii sa posúva od izolovaných "pilot trials" k ucelenejšiemu ekosystému, v ktorom sa stretávajú klinická potreba, dátová infraštruktúra, validácia a regulácia. Z klinického pohľadu rezonovali najmä riešenia zamerané na jednoduchý zber dát (smartfón/wearables), vzdialené monitorovanie, edukáciu cez simulácie a dôraz na bezpečnostné procesy zavádzania AI do praxe. Vzhľadom na rozsah

tohto textu nebolo možné zachytiť všetky prezentované témy a všetky zaujímavé prednášky. Pozitívne však je, že značná časť obsahu je dostupná online prostredníctvom platformy ESC/ESC 365, čo umožňuje vrátiť sa k vybraným prednáškam a doplniť si detailnejší kontext aj po skončení summitu.

Konflikt záujmov: Autori nemajú žiadny konflikt záujmov.

Literatúra

1. Al-Zaiti SS, Martin-Gill C, Zègre-Hemsey JK, Bouzid Z, Faramand Z, Alrawashdeh MO, et al. Machine learning for ECG diagnosis and risk stratification of occlusion myocardial infarction. *Nat Med.* 2023 Jul;29:1804–1813. doi: 10.1038/s41591-023-02396-3. Epub 2023 Jun 29. PMID: 37386246; PMCID: PMC10353937
2. Aslanger EK, Aggöl B, Yildirimtürk Ö, Karabay CY, Meyers HP, Smith SW, et al. A Diagnostic Paradigm Shift in Acute Myocardial Infarction: Rationale and Design of the DIFOCULT-3 Trial. *JACC Adv.* 2025 Nov;4(11 Pt 2):102227. doi: 10.1016/j.jacadv.2025.102227. Epub 2025 Oct 22. PMID: 41128712; PMCID: PMC12717606
3. Laurent Fiorina, Tanner Carbonati, Kumar Narayanan, Jia Li, Christine Henry, Jagmeet P Singh, et al. Near-term prediction of sustained ventricular arrhythmias applying artificial intelligence to single-lead ambulatory electrocardiogram, *Eur Heart J* 2025;46:1998–2008, <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaf073>
4. Attia ZI, Kapa S, Lopez-Jimenez F, McKie PM, Ladewig DJ, Satam G, et al. Screening for cardiac contractile dysfunction using an artificial intelligence-enabled electrocardiogram. *Nat Med.* 2019 Jan;25:70–74. doi: 10.1038/s41591-018-0240-2. Epub 2019 Jan 7. PMID: 30617318
5. Perez MV, Mahaffey KW, Hedlin H, Rumsfeld JS, Garcia A, Ferris T, et al. Apple Heart Study Investigators. Large-Scale Assessment of a Smartwatch to Identify Atrial Fibrillation. *N Engl J Med.* 2019;381:1909–1917. doi: 10.1056/NEJMoa1901183. PMID: 31722151; PMCID: PMC8112605
6. van Steijn NJ, Blommesteijn IS, Blok S, Peppinkhuizen S, Somsen GA, Knops RE, et al. Enhanced Detection and Prompt Diagnosis of Atrial Fibrillation Using Apple Watch: A Randomized Controlled Trial. *J Am Coll Cardiol.* 2026:S0735-1097(25)10337-9. doi: 10.1016/j.jacc.2025.11.032. Epub ahead of print. PMID: 41569211
7. Ahluwalia N, Abbass H, Hussain A, Saengkrajang G, Assadi R, Butcher C, et al. Patient-Led Smartwatch ECG Monitoring After AF Ablation: A Randomized Trial. *J Am Coll Cardiol.* 2026:S0735-1097(25)10579-2. doi: 10.1016/j.jacc.2025.12.047. Epub ahead of print. PMID: 41603820
8. Oikonomou EK, Holste G, Yuan N, Coppi A, McNamara RL, Haynes NA, et al. A Multimodal Video-Based AI Biomarker for Aortic Stenosis Development and Progression. *JAMA Cardiol.* 2024;9:534–544. doi: 10.1001/jamacardio.2024.0595. PMID: 38581644; PMCID: PMC10999005

9. Narula J, Stuckey TD, Nakazawa G, Ahmadi A, Matsumura M, Petersen K, et al. Prospective deep learning-based quantitative assessment of coronary plaque by computed tomography angiography compared with intravascular ultrasound: the REVEALPLAQUE study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2024;25:1287-1295. doi: 10.1093/ehjci/jeae115. PMID: 38700097; PMCID: PMC11346368
10. Kim Y, Yoon HJ, Suh J, Kang SH, Lim YH, Jang DH, et al. Artificial Intelligence-Based Fully Automated Quantitative Coronary Angiography vs Optical Coherence Tomography-Guided PCI: The FLASH Trial. *JACC Cardiovasc Interv*. 2025;18:187-197. doi: 10.1016/j.jcin.2024.10.025. Epub 2024 Oct 30. PMID: 39614852
11. van der Waerden RGA, Volleberg RHJA, Luttikholt TJ, Cancian P, van der Zande JL, Stone GW, et al. Artificial intelligence for the analysis of intracoronary optical coherence tomography images: a systematic review. *Eur Heart J Digit Health*. 2025;6:270-284. doi: 10.1093/ehjdh/ztaf005. PMID: 40110224; PMCID: PMC11914731
12. Tavakoli N, Rahsepar AA, Benefield BC, Shen D, López-Tapia S, Schiffers F, et al. ScarNet: a novel foundation model for automated myocardial scar quantification from late gadolinium-enhancement images. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2025 Winter;27:101945. doi: 10.1016/j.jocmr.2025.101945. Epub 2025 Aug 20. PMID: 40846282; PMCID: PMC12681538