

Digitalno praćenje zdravlja u kardiologiji

Digital Health Monitoring in Cardiology

IVO DARKO GABRIĆ

KBC Sestre milosrdnice, Zagreb; Medicinski fakultet, Hrvatsko katoličko sveučilište, Zagreb

SAŽETAK Digitalno praćenje zdravlja u kardiologiji donosi temeljitu promjenu u pristupu dijagnostici, praćenju i liječenju kardiovaskularnih bolesti (KVB). Korištenje nosivih uređaja, mobilnih aplikacija, telemedicinskih rješenja i umjetne inteligencije (AI) omogućuje kontinuirani nadzor srčanog ritma, rano otkrivanje aritmija te personaliziranu i pravovremenu intervenciju. Pametni satovi s EKG funkcijom, flasteri i implantabilni snimači omogućuju dugotrajno praćenje srčanog ritma i otkrivanje aritmija poput fibrilacije atrijske, dok AI modeli olakšavaju ranu dijagnostiku akutnoga koronarnog sindroma i predviđanje komplikacija. U prevenciji KVB-a digitalne intervencije – uključujući aplikacije i SMS programe – poboljšavaju kontrolu rizičnih čimbenika i pridržavanje terapije. Telemonitoring bolesnika sa zatajivanjem srca, poput REMOTE-HF programa u Njemačkoj, smanjuje rehospitalizacije i smrtnost. Također, digitalno vođena kardiološka rehabilitacija kod kuće pokazuje rezultate usporedive s klasičnim programima. Koncept digitalnih blizanaca, temeljen na individualnim podacima pacijenta, dodatno proširuje mogućnosti precizne terapije. Unatoč potencijalu digitalna medicina suočava se s izazovima poput tehničke neusklađenosti, zaštite privatnosti i dostupnosti za starije pacijente. Uspješna primjena zahtijeva certificiranje uređaja, edukaciju korisnika i uključivanje učinkovitih digitalnih usluga u sustave financiranja. Uz pravilnu implementaciju primjena digitalne medicine u kardiologiji ima potencijal znatno poboljšati kliničke ishode i aktivnije uključiti pacijente u vlastitu skrb.

KLJUČNE RIJEČI: digitalna medicina, kardiologija, telemedicina, nosivi uređaji, umjetna inteligencija, pametni satovi, EKG, e-zdravstvo

SUMMARY Digital health monitoring in cardiology represents a fundamental shift in the diagnosis, monitoring, and treatment of cardiovascular diseases (CVD). The use of wearable devices, mobile applications, telemedicine solutions, and artificial intelligence (AI) enables continuous cardiac rhythm surveillance, early arrhythmia detection, and personalized, timely interventions. Smartwatches with ECG functionality, wearable patches, and implantable loop recorders allow for long-term rhythm monitoring and identification of conditions such as atrial fibrillation, while AI models support early diagnosis of acute coronary syndromes and prediction of complications. In CVD prevention, digital interventions—including mobile apps and SMS-based programs—have shown efficacy in improving risk factor control and medication adherence. Telemonitoring of heart failure patients, exemplified by the REMOTE-HF program in Germany, has led to reduced rehospitalization rates and mortality. Moreover, home-based, digitally guided cardiac rehabilitation programs demonstrate outcomes comparable to conventional in-clinic rehabilitation. The concept of digital twins, which integrates individual patient data, further enhances the potential for precision therapy. Despite its promise, digital cardiology faces several challenges, including technical interoperability issues, data privacy concerns, and usability barriers among older adults. Successful integration requires medical device certification, comprehensive user education, and the inclusion of proven digital health services within reimbursement frameworks. When properly implemented, digital health in cardiology holds the potential to significantly improve clinical outcomes and empower patients in managing their cardiovascular health.

KEY WORDS: digital medicine, cardiology, telemedicine, wearable devices, artificial intelligence, smartwatches, ECG, e-health



Uvod

Tradicionalno poimanje zdravstvene skrbi svodi se na povremene odlaske u zdravstvene ustanove radi pregleda, kontrole, dijagnostike ili liječenja. Digitalna medicina nam omogućuje da se takav oblik zdravstvene skrbi nadopuni kontinuiranim i pacijentu prilagođenim praćenjem zdravstvenog stanja. Ubrzanim razvojem tehnologije digitalno praćenje zdravlja je sve dostupnije i jeftinije te danas pruža nebrojene mogućnosti u prepoznavanju, praćenju i liječenju raznih bolesti i stanja (1). Takva digitalna transformacija zdravstvene skrbi sve je više prihvaćena od svih sudionika u zdravstvenom sustavu i ne odnosi se samo na usvajanje

najnovijih tehnologija već i na značajno poboljšanje skrbi za pacijente. Ipak, usprkos napretku medicine, novih metoda prevencije, dijagnostike i liječenja, kardiovaskularne bolesti (KVB) su i dalje vodeći uzrok smrti u svijetu, uključujući Hrvatsku. Prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije, od KVB-a umire oko 17,9 milijuna ljudi godišnje (2). Moguće je da će daljnji korak u poboljšanju ishoda KVB-a biti upravo u primjeni digitalnih tehnologija koje omogućuju trajno praćenje stanja kardiovaskularnog sustava, rano otkrivanje rizičnih događaja te brzu i pravovremenu intervenciju. To je prepoznala i krovna europska kardiološka organizacija – Europsko kardiološko društvo (ESC) koje već neko vrijeme

ima radnu skupinu za Digitalnu i AI kardiologiju, a u studenome ove godine održat će se i prvi Kongres posvećen Digitalnoj i AI kardiologiji u Berlinu. ESC Digital & AI Summit okupit će stručnjake iz cijelog svijeta ujedinenih s ciljem da se što bolje iskoriste digitalne inovacije za napredak kardiovaskularne skrbi i smanjenje smrtnosti od KVB-a.

Digitalno praćenje zdravlja uključuje uporabu elektroničkih tehnologija za kontinuirano ili periodično bilježenje i analizu fizioloških podataka, često u stvarnom vremenu. U kardiologiji to uključuje:

1. **Nosive uređaje** (primjerice, EKG snimači u obliku potkožnih implantata ili flastera, pametne satove, fitnes narukvice) koji mjere otkucaje srca, saturaciju kisika i tjelesnu aktivnost (3). Noviji pametni satovi opremljeni su senzorima koji mogu snimiti te analizirati jednokanalni EKG te procijeniti krvni tlak. Također, u slučaju pada pacijenta imaju sustav kojim se jednostavno može nazvati hitna služba.
2. **Mobilne aplikacije** za bilježenje simptoma, mjerenje vitalnih parametara, podsjetnike za terapiju i edukaciju bolesnika (4).
3. **Uređaje za daljinsko praćenje implantabilnih srčanih uređaja** poput elektrostimulatora i kardioverter defibrilatora (engl. *implantable cardioverter defibrillators*, ICD), koji bežičnim mrežama prenose tehničke i kliničke podatke (5).
4. **Telemedicinske platforme** koje omogućuju videopozive, elektroničku razmjenu podataka i interdisciplinarnu konzultacije (6).
5. **Algoritme umjetne inteligencije** koji rade na principu analize velike količine podataka te se sve češće koriste za procjenu ishoda i donošenje kliničkih odluka (7).

Nosivi uređaji

Digitalne tehnologije omogućuju praćenje srčanog ritma, odnosno povremeno ili kontinuirano snimanje elektrokardiograma (EKG). Ovisno o kliničkoj indikaciji pacijentu se može postaviti EKG snimač petlje (engl. *loop recorder*) koji se implantira ispod kože te ima mogućnost snimanja EKG-a i do tri godine. Ako je potrebno kraće snimanje, pacijentu se može postaviti EKG flaster (engl. *patch*) koji ima mogućnost snimanja petlji 7 do 30 dana.

Nosivi uređaji poput pametnih satova, narukvica i senzora donedavno su se koristili samo za bilježenje dnevne i tjedne razine tjelesne aktivnosti. Redovita uporaba ovih uređaja dokazano je poboljšala tjelesnu aktivnost pacijenata. U kombinaciji s mobilnim aplikacijama ovi uređaji omogućuju individualizirano praćenje aktivnosti pacijenta i kliničko savjetovanje u svakodnevnoj praksi (8). Noviji pametni satovi imaju senzore koji omogućuju snimanje EKG-a i mjerenja krvnog tlaka. Ako je potrebno dugotrajno praćenje ritma srca i otkrivanje aritmija poput fibrilacije atrijske, ventrikularnih ektopija ili bradikardija, može se pacijentu

preporučiti nabavljanje pametnog sata s EKG funkcijom te mobilne EKG aplikacije koje to omogućuju. Mogućnost automatskog slanja zabilježenih aritmija liječnicima značajno ubrzava dijagnostički proces. Tako se pametni satovi s integriranom EKG funkcijom, poput Apple Watcha, Samsung Galaxy Watcha, Huawei Watcha i Withings ScanWatcha, sve više koriste za rano otkrivanje srčanih aritmija, osobito fibrilacije atrijske. Europsko društvo za ritam srca (engl. *European Heart Rhythm Association*, EHRA) prepoznalo je ulogu ovih uređaja za neinvazivno, široko dostupno praćenje srčanog ritma. U svom konsenzus dokumentu iz 2021. EHRA navodi da određeni pametni satovi, koji su prošli regulatornu provjeru (FDA, CE), mogu služiti kao korisna nadopuna tradicionalnim metodama detekcije fibrilacije atrijske, osobito u populacijama s povećanim kardiovaskularnim rizikom (9). Jedna od ključnih studija koja potvrđuje kliničku korisnost ovih uređaja je Apple Heart Study. U toj je studiji, koja je uključivala više od 400 000 ispitanika, Apple Watch pokazao visoku specifičnost i osjetljivost u detekciji nepravilnog ritma koji je kasnije potvrđen kao fibrilacija atrijske 12-kanalnim EKG-om (10). Druga veća STROKESTOP studija pokazala je da probir s pomoću mobilnih EKG uređaja značajno povećava stopu otkrivanja supkliničke fibrilacije atrijske i omogućuje pravodobno započinjanje antikoagulantne terapije. Na taj način korištenje satova s EKG funkcijom i mobilnih aplikacija može pridonijeti boljoj prevenciji embolijskih moždanih udara (11). Važno je za istaknuti da ovi uređaji ne zamjenjuju tradicionalne dijagnostičke višekanalne EKG uređaje kao niti 24-satno ili 48-satno kontinuirano snimanje EKG-a, već služe kao dodatni alat za ranu detekciju i trijažu, pogotovo kod pacijenata koji simptome poput palpitacija ili presinkopa imaju povremeno i rijetko (9, 12, 13). Iako digitalne zdravstvene tehnologije nude značajne prednosti, njihova primjena mora biti popraćena rigoroznom evaluacijom kako bi se osigurala njihova učinkovitost i sigurnost. Stoga su organizacije poput Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) i Američke agencije za hranu i lijekove (FDA) razvile smjernice i alate za procjenu digitalnih zdravstvenih tehnologija (14). Ipak, mnogi komercijalno korišteni uređaji nisu prošli takvu propisanu kliničku evaluaciju. Stoga je ključno razlikovati uređaje koji nisu medicinski certificirani od onih koji su prošli regulatorna odobrenja (15).

Mobilne aplikacije

Među prvim su se digitalne zdravstvene tehnologije počele koristiti u prevenciji KVB-a i omogućuju kontinuirano praćenje čimbenika rizika te poticanje zdravih navika. Digitalne intervencije u obliku programa slanja tekstualnih poruka i mobilnih aplikacija pokazale su se učinkovitima u smanjenju rizika KVB-a, poboljšanju pridržavanja terapije i promicanju zdravih životnih navika poput bolje prehrane i veće tjelesne aktivnosti (16).

U sustavnom pregledu iz 2025. Qi i suradnici su obuhvatili 30 studija objavljenih između 2000. i 2024., uključujući 24 randomizirana kontrolirana ispitivanja (80 %). Utvrdili su da se većina digitalnih intervencija temeljila na uporabi pametnih telefona i nosivih uređaja (53 %), kao i komunikaciji e-mailom i SMS porukama (40 %), dok je manji dio uključivao mrežne platforme (10 %). Intervencije su primarno bile usmjerene na procjenu početnoga zdravstvenog stanja (97 %), savjetovanje o tjelesnoj aktivnosti (60 %), odvikavanje od pušenja (47 %) i kontrolu arterijskog tlaka (43 %). Ishodi praćenja najčešće su uključivali promjene u razini krvnog tlaka (47 %), kapacitetu za tjelesnu aktivnost i tjelesnoj težini (40 %) te lipidnim profilima (37 %). S druge strane, manje pažnje posvećeno je prehranbenim navikama (17 %), opsegu struka (13 %) i glikemijskoj kontroli (7 %). Istraživanja su pokazala pozitivan učinak digitalnih tehnologija na adherenciju za terapiju (33 %) te na opću samoregulaciju zdravlja pacijenata. Unatoč pozitivnim rezultatima autori naglašavaju potrebu za dugoročnim istraživanjima i integracijom digitalnih alata u kliničku praksu (17).

Osim u prevenciji, digitalni alati se već neko vrijeme uspješno koriste u kardiovaskularnoj rehabilitaciji kombiniranjem mobilne aplikacije, videouputa za vježbanje, praćenja aktivnosti i komunikacije s terapeutom. Ovi programi omogućuju individualizirani pristup i bolje uključivanje pacijenata koji ne mogu fizički prisustvovati rehabilitacijskim centrima. U kliničkom ispitivanju Smart HEART iz 2023. 258 pacijenata sudjelovalo je u digitalnoj zdravstvenoj intervenciji koja je uključivala strukturirani tromjesečni program vježbanja kod kuće, aplikaciju za pametne telefone i nosivi uređaj za praćenje aktivnosti. Rezultati su pokazali značajna poboljšanja na 6-minutnom testu hoda, smanjenje razine LDL kolesterola i smanjenje broja pušača među sudionicima (18). U drugoj randomiziranoj kontroliranoj studiji Quasi iz 2023. autori su uspoređivali učinkovitost udaljene kardiovaskularne rehabilitacije u stvarnom vremenu s bolničkom rehabilitacijom. Rezultati su pokazali značajna poboljšanja fizičke funkcije i smanjenje invaliditeta kod pacijenata koji su sudjelovali u udaljenoj rehabilitaciji (19). Dokazi i drugih studija upućuju na jednak ili čak bolji učinak digitalno vođene kardiovaskularne rehabilitacije u kući u odnosu na klasične centre (20).

Telemedicinske platforme

Telemedicinske platforme uglavnom se koriste za brzu detekciju i analizu aritmija. Tako je, primjerice, studija SAFETY pokazala da korištenje prijenosnih EKG uređaja u primarnoj zdravstvenoj zaštiti omogućuje učinkovito i ekonomično otkrivanje fibrilacije atrijske kod asimptomatskih pacijenata. U usporedbi sa standardnim pristupom, implementacija mobilnih EKG uređaja rezultirala je većom stopom otkrivanja novih slučajeva fibrilacije atrijske, što je doprinijelo ranijem

započinjanju odgovarajuće terapije. Uređaji su se pokazali kao jednostavni za korištenje i dobro prihvaćeni od strane pacijenata i zdravstvenih djelatnika (21).

U kliničkoj primjeni sve se više koriste i pametni tlakomjeri povezani s mobilnim aplikacijama koji omogućuju pacijentima redovito mjerenje krvnog tlaka kod kuće. Ovi uređaji omogućuju automatski prijenos podataka u elektroničke zdravstvene kartone te pravovremeno upozoravaju liječnike ako su vrijednosti izvan granica normale. U randomiziranim studijama ovakvi sustavi poboljšali su kontrolu hipertenzije kao i adherenciju pacijenata (22).

Telemedicinski uređaji imaju značajnu mogućnost primjene i u bolesnika koji se liječe od zatajivanja srca, kompleksnoga kliničkog sindroma koji zahtijeva pažljivo praćenje težine, pulsa, krvnog tlaka i simptoma. Metaanalize pokazuju da korištenje *telemonitoringa* u ovih pacijenata značajno smanjuje hospitalizacije i poboljšava kvalitetu života (23). Tako je REMOTE-HF program *telemonitoringa* pacijenata sa zatajivanjem srca u Njemačkoj i smanjio broj rehospitalizacija za 25 %, a zabilježeno je značajno smanjenje ukupne smrtnosti u usporedbi s uobičajenom skrbi (5,8 % naspram 11,0 %; $p < 0,001$). Pacijenti su svakodnevno mjerili vitalne parametre (primjerice, krvni tlak, puls, zasićenost kisikom) i pratili subjektivno stanje, a podatci su se automatski prenosili u telemedicinski centar. Tamo su ih analizirali zdravstveni radnici koji su mogli pravovremeno intervenirati, prilagoditi terapiju ili savjetovati pacijente (24). Zanimljiv je i uređaj poput CardioMEMS-a koji je odobren od strane FDA, ugrađuje se direktno u plućnu arteriju gdje mjere plućni tlak u stvarnom vremenu te omogućuju rano prepoznavanje dekompenzacije. Ti se podatci bežično prenose liječnicima omogućujući ranu intervenciju prije pojave simptoma (25).

Algoritmi umjetne inteligencije

Sustavi umjetne inteligencije (AI) koji koriste podatke iz EKG zapisa i kliničke slike mogu učinkovito predvidjeti akutni koronarni sindrom (AKS) i izdvojiti pacijente koji zahtijevaju hitnu medicinsku intervenciju. Takav AI model je posebno koristan u predviđanju AKS-a u prehospitalnoj skrbi. U studiji objavljenoj u JMIR Cardio autori su razvili AI model koji koristi podatke iz hitne medicinske službe s terena, uključujući EKG, vitalne znakove i simptome. Model je pokazao visoku osjetljivost (99,5 %) i veću specifičnost u usporedbi s uobičajenom skrbi te je s jedne strane omogućio bržu obradu onih s visokim rizikom, a s druge strane sigurnije odredio pacijente koji mogu ostati kod kuće, smanjujući nepotrebne bolničke obrade (26). U drugoj studiji objavljenoj u Frontiers in Cardiovascular Medicine implementiran je AI algoritam za detekciju infarkta miokarda sa ST-elevacijom (STEMI) koristeći 12-kanalni EKG u prehospitalnom okruženju. Rezultati su pokazali da AI omogućava pravovremenu dijagnozu i skraćuje vrijeme do reperfuzijske terapije,

što je ključno za poboljšanje ishoda pacijenata s AKS-om (27, 28). Koristeći slični AI EKG model za otkrivanje STEMI-ja, odnosno akutne koronarne okluzije, autori studije objavljene u *Hellenic Journal of Cardiology* postigli su visoku točnost (AUC 0,938) koja je nadmašila standardne kriterije dijagnostike te omogućila bržu koronarnu intervenciju (29). U kardiologiji AI se sve više koristi za izradu prediktivnih modela koji predviđaju akutne događaje, komplikacije terapije i potrebe za intervencijama. Za precizniju individualnu procjenu koristi se koncept **digitalnih blizanaca** koji za svakoga pojedinog pacijenta radi digitalni profil koristeći različite izvore podataka, uključujući elektroničke zdravstvene zapise, laboratorijske rezultate, kliničku sliku i genomske informacije (30). Koncept digitalnih blizanaca pokazao se koristan i u kliničkoj praksi gdje se koristi za simulaciju elektrofizioloških aktivnosti, hemodinamike i strukturnih promjena te omogućuje kardiolozima da predvide aritmije, optimiziraju postupke ablacije i prilagode farmakoterapiju specifičnim potrebama pacijenata (30). Ti kompleksni sustavi su još u razvoju i u tijeku su multidisciplinarna istraživanja iz biomedicine, informatike i kliničke prakse.

Izazovi u digitalnom praćenju zdravlja

U sveopćem razvoju digitalizacije postoje i određene prepreke, primjerice, zdravstveni sustavi često koriste različite informatičke standarde, što otežava integraciju podataka iz nosivih uređaja u elektroničke zdravstvene zapise. Stoga je za bolju primjenu u kliničkoj praksi nužan razvoj zajedničkih programskih sučelja i standardiziranih protokola (31). Jedan od glavnih izazova je da se pri digitalnoj razmjeni podataka zaštite osjetljivi zdravstveni podatci. Nužno je poštivanje europskih (GDPR) i lokalnih zakonskih regulativa te obavezno korištenje enkripcije i autentifikacije (32, 33). Stariji pacijenti, kao i osobe manje vješte u korištenju digitalnih tehnologija, mogu imati problema s primjenom digitalnih uređaja. Edukacija kao i dizajn sučelja koji je prilagođen krajnjem korisniku ključni su za uspješnu primjenu nosivih uređaja i mobilnih aplikacija i u tih bolesnika (34). Također, kako mnoge digitalne usluge trenutno nisu uključene u sustav javnog financiranja, potrebno je uključiti one koji dovode do smanjenja smrtnosti od KVB-a kod pojedinih skupina rizičnih pacijenata u oblike sufinanciranja od strane nacionalnog ili privatnih osiguravatelja (35).

Većina specijalista kardiologa prepoznaje brojne prednosti digitalnih zdravstvenih tehnologija. Analiza je pokazala da su telemedicina i nosivi uređaji trenutno najčešće korištene digitalne zdravstvene tehnologije među ispitanim kardiolozima. To sugerira da su ove tehnologije već pronašle svoje mjesto u svakodnevnoj praksi, vjerojatno zbog svoje relativne jednostavnosti primjene i neposrednih koristi koje pružaju pacijentima i zdravstvenim djelatnicima. Ipak, kako bi se bolje iskoristio potencijal digitalnih zdravstvenih tehnolo-

gija u kardiologiji, nužna je bolja edukacija zdravstvenih djelatnika, poboljšanje digitalnih platformi te kreiranje jasnih smjernica za integraciju digitalne tehnologije u kliničku praksu. Samo na taj način možemo osigurati da digitalna transformacija u kardiologiji donese punu korist pacijentima i zdravstvenim sustavima (36).

Zaključak

Korištenje digitalnih alata u kardiologiji omogućuje ranu intervenciju i bolje ishode, a pacijentima pruža aktivnu ulogu brige o vlastitom zdravlju. Za njihovu uspješnu primjenu ključno je osigurati kliničku validaciju tehnologija, obrazovanje zdravstvenih djelatnika, dostupnost i financijsku održivost. Sustavni razvoj tehnologije, kao i kliničke studije koje je prate, podržavaju sve šire korištenje digitalnih tehnologija u standardnoj kardiološkoj skrbi.

LITERATURA

1. Topol EJ. The Creative Destruction of Medicine: How the Digital Revolution Will Create Better Health Care. New York: Basic Books; 2012.
2. World Health Organization. Cardiovascular diseases (CVDs). Geneva: WHO; 2023. Dostupno na: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)). Datum pristupa: 6. 6. 2025.
3. Steinhubl SR, Muse ED, Topol EJ. The emerging field of mobile health. *Sci Transl Med*. 2015 Apr 15;7(283):283rv3. doi: 10.1126/scitranslmed.aaa3487.
4. Visseren FLJ, Mach F, Smulders YM, Carballo D, Koskinas KC, Bäck M i sur; ESC Scientific Document Group. 2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *Eur Heart J*. 2021 Sep 7;42(34):3227-3337. doi: 10.1093/eurheartj/ehab484. Erratum in: *Eur Heart J*. 2022 Nov 7;43(42):4468. doi: 10.1093/eurheartj/ehac458.
5. Varma N, Braunschweig F, Burri H, Hindricks G, Linz D, Michowitz Y, Ricci RP, Nielsen JC. Remote monitoring of cardiac implantable electronic devices and disease management. *Europace*. 2023 Aug 2;25(9):euad233. doi: 10.1093/europace/euad233.
6. Huerne K, Eisenberg MJ. Advancing telemedicine in cardiology: A comprehensive review of evolving practices and outcomes in a postpandemic context. *Cardiovasc Digit Health J*. 2024 Feb 12;5(2):96-110. doi: 10.1016/j.cvdhj.2024.02.001.
7. Tison GH, Sanchez JM, Ballinger B, et al. Passive detection of atrial fibrillation using a commercially available smartwatch. *JAMA Cardiol*. 2018;3(5):409-416.
8. Gabrić ID. Kako pratiti tjelesnu aktivnost. *Medicus*. 2019;28(2):181-187. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/330716>. Datum pristupa: 6. 6. 2025.
9. Hindricks G, Potpara T, Dagres N, Arbelo E, Bax JJ, Blomström-Lundqvist C i sur; ESC Scientific Document Group. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS): The Task Force for the diagnosis and management of atrial fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA) of the ESC. *Eur Heart J*. 2021 Feb 1;42(5):373-498. doi: 10.1093/eurheartj/ehaa612. Erratum in: *Eur Heart J*. 2021 Feb 1;42(5):507. doi: 10.1093/eurheartj/ehaa798. Erratum in: *Eur Heart J*. 2021 Feb 1;42(5):546-547. doi: 10.1093/eurheartj/ehaa945. Erratum in: *Eur Heart J*. 2021 Oct 21;42(40):4194. doi: 10.1093/eurheartj/ehab648.
10. Perez MV, Mahaffey KW, Hedlin H, Rumsfeld JS, Garcia A, Ferris T i sur; Apple Heart Study Investigators. Large-Scale Assessment of a Smartwatch to Identify Atrial Fibrillation. *N Engl J Med*. 2019 Nov 14;381(20):1909-1917. doi: 10.1056/NEJMoa1901183.
11. Svennberg E, Engdahl J, Al-Khalili F, Friberg L, Frykman V, Rosenqvist M. Mass Screening for Untreated Atrial Fibrillation: The STROKESTOP Study. *Circulation*. 2015 Jun 23;131(25):2176-84. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.114.014343
12. SEC Working Group for the 2020 ESC Guidelines for the Management of Atrial Fibrillation; Expert Reviewers for the 2020 ESC Guidelines for the Management of Atrial Fibrillation; SEC Guidelines Committee; Working Group for the 2020 ESC guidelines for the management of atrial fibrillation; Expert reviewers for the 2020 ESC guidelines for the management of atrial fibrillation; SEC Guidelines Committee. Comments on the 2020 ESC/EACTS guidelines for the management of atrial fibrillation. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*. 2021 May;74(5):378-383. English, Spanish. doi: 10.1016/j.rec.2020.11.023.
13. Abdelrazik A, Eldesouky M, Antoun I, Lau EYM, Koya A, Vali Z, Suleman SA i sur. Wearable Devices for Arrhythmia Detection: Advancements and Clinical Implications. *Sensors*. 2025; 25(9):2848. <https://doi.org/10.3390/s25092848>
14. World Health Organization (WHO). (2021). WHO Guideline: Recommendations on Digital Interventions for Health System Strengthening and Their Evidence Implications. Geneva: World Health Organization, <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/311941/9789241550505-eng.pdf>. Datum pristupa: 06.06.2025.
15. Niemiec E. Will the EU Medical Device Regulation help to improve the safety and performance of medical AI devices? *Digit Health*. 2022 Mar 30;8:20552076221089079. doi: 10.1177/20552076221089079. PMID: 35386955; PMCID: PMC8977702.
16. Vandenberg T, Stans J, Mortelmans C, Van Haelst R, Van Schelvergem G, Pelckmans C i sur. Clinical Validation of Heart Rate Apps: Mixed-Methods Evaluation Study. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2017 Aug 25;5(8):e129. doi: 10.2196/mhealth.7254. Erratum in: *JMIR Mhealth Uhealth*. 2018 Mar 14;6(3):e19. doi: 10.2196/mhealth.9509.
17. Qi Y, Mohamad E, Azlan AA, Zhang C, Ma Y, Wu A. Digital Health Solutions for Cardiovascular Disease Prevention: Systematic Review. *J Med Internet Res*. 2025 Jan 23;27:e64981. doi: 10.2196/64981.
18. Harzand A, Alrohaibani A, Idris MY, Spence H, Parrish CG, Rout PK i sur. Effects of a patient-centered digital health intervention in patients referred to cardiac rehabilitation: the Smart HEART clinical trial. *BMC Cardiovasc Disord*. 2023 Sep 12;23(1):453. doi: 10.1186/s12872-023-03471-w.
19. Fukuta Y, Arizono S, Tanaka S, Kawaguchi T, Tsugita N, Fuseya T i sur. Effects of real-time remote cardiac rehabilitation on exercise ca-

- capacity and quality of life: a quasi-randomised controlled trial. *BMC Geriatr.* 2023 Jun 24;23(1):388. doi: 10.1186/s12877-023-04113-8.
20. Krittanawong C, Rogers AJ, Johnson KW, Wang Z, Turakhia MP, Halperin JL, Narayan SM. Integration of novel monitoring devices with machine learning technology for scalable cardiovascular management. *Nat Rev Cardiol.* 2021 Feb;18(2):75-91. doi: 10.1038/s41569-020-00445-9
 21. Lown M, Yue AM, Shah BN, Corbett SJ, Lewith G, Stuart B, Garrard J, Brown M, Little P, Moore M. Screening for Atrial Fibrillation Using Economical and Accurate Technology (From the SAFETY Study). *Am J Cardiol.* 2018 Oct 15;122(8):1339-1344. doi: 10.1016/j.amjcard.2018.07.003.
 22. George J, MacDonald T. Home Blood Pressure Monitoring. *Eur Cardiol.* 2015 Dec;10(2):95-101. doi: 10.15420/ecr.2015.10.2.95.
 23. Scholte NTB, Gürgöze MT, Aydin D, Theuns DAMJ, Manintveld OC, Ronner E i sur. Telemonitoring for heart failure: a meta-analysis. *Eur Heart J.* 2023 Aug 14;44(31):2911-2926. doi: 10.1093/eurheartj/ehad280.
 24. Spethmann S, Hindricks G, Koehler K, Stoerk S, Angermann CE, Böhm M i sur. Telemonitoring for Chronic Heart Failure: Narrative Review of the 20-Year Journey From Concept to Standard Care in Germany. *J Med Internet Res.* 2024 Dec 4;26:e63391. doi: 10.2196/63391.
 25. Joshi R, Nair A. The Utility of CardioMEMS, a Wireless Hemodynamic Monitoring System in Reducing Heart Failure Related Hospital Readmissions. *J Nurse Pract.* 2021 Mar;17(3):267-272. doi: 10.1016/j.nurpra.2020.12.032.
 26. de Koning E, van der Haas Y, Saguna S, Stoop E, Bosch J, Beeres S i sur. AI Algorithm to Predict Acute Coronary Syndrome in Prehospital Cardiac Care: Retrospective Cohort Study. *JMIR Cardio.* 2023 Oct 31;7:e51375. doi: 10.2196/51375.
 27. Chen KW, Wang YC, Liu MH, Tsai BY, Wu MY, Hsieh PH i sur. Artificial intelligence-assisted remote detection of ST-elevation myocardial infarction using a mini-12-lead electrocardiogram device in prehospital ambulance care. *Front Cardiovasc Med.* 2022 Oct 14;9:1001982. doi: 10.3389/fcvm.2022.1001982. Erratum in: *Front Cardiovasc Med.* 2022 Dec 09;9:1078223. doi: 10.3389/fcvm.2022.1078223.
 28. Marcolino MS, Maia LM, Oliveira JAQ, Melo LDR, Pereira BLD, Andrade-Junior DF i sur. Impact of telemedicine interventions on mortality in patients with acute myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis. *Heart.* 2019 Oct;105(19):1479-1486. doi: 10.1136/heartjnl-2018-314539.
 29. Dziopa K, Lekadir K, van der Harst P, Asselbergs FW. Digital twins: reimagining the future of cardiovascular risk prediction and personalised care. *Hellenic J Cardiol.* 2025 Jan-Feb;81:4-8. doi: 10.1016/j.hjc.2024.06.001.
 30. Katsoulakis E, Wang Q, Wu H, Shahriyari L, Fletcher R, Liu J i sur. Digital twins for health: a scoping review. *NPJ Digit Med.* 2024 Mar 22;7(1):77. doi: 10.1038/s41746-024-01073-0.
 31. Varma N, Ricci RP. Telemedicine and cardiac implants: what is the benefit? *Eur Heart J.* 2013 Jul;34(25):1885-95. doi: 10.1093/eurheartj/ehs388.
 32. Rumsfeld JS, Joynt KE, Maddox TM. Big data analytics to improve cardiovascular care: promise and challenges. *Nat Rev Cardiol.* 2016 Jun;13(6):350-9. doi: 10.1038/nrcardio.2016.42.
 33. Hermans ANL, Gawalko M, Dohmen L, van der Velden RMJ, Betz K, Duncker D i sur. Mobile health solutions for atrial fibrillation detection and management: a systematic review. *Clin Res Cardiol.* 2022 May;111(5):479-491. doi: 10.1007/s00392-021-01941-9.
 34. Santo K, Redfern J. Digital Health Innovations to Improve Cardiovascular Disease Care. *Curr Atheroscler Rep.* 2020 Oct 3;22(12):71. doi: 10.1007/s11883-020-00889-x.
 35. Guasti L, Dilaveris P, Mamas MA, Richter D, Christodorescu R, Lumens J i sur. Digital health in older adults for the prevention and management of cardiovascular diseases and frailty. A clinical consensus statement from the ESC Council for Cardiology Practice/Taskforce on Geriatric Cardiology, the ESC Digital Health Committee and the ESC Working Group on e-Cardiology. *ESC Heart Fail.* 2022 Oct;9(5):2808-2822. doi: 10.1002/ehf2.14022.
 36. Koçyigit Burunkaya D, Keser N, Şimşek E, Bozyel S, Dalgıç Y, Şeker M i sur. Perspectives on the Use of Digital Health Technologies in Cardiology Among Specialists from an ESC Member Country: Results from a Survey. *Türk Kardiyol Dern Ars.* 2024 Jan;52(1):44-51. English. doi: 10.5543/tkda.2023.13660.



ADRESA ZA DOPISIVANJE:

doc. dr. sc. Ivo Darko Gabrić, dr. med.
KBC Sestre milosrdnice
Vinogradska 29, 10 000 Zagreb
e-mail: idgabric@gmail.com

PRIMLJENO/RECEIVED:

1. lipnja 2025./June 1, 2025

PRIHVAĆENO/ACCEPTED:

8. srpnja 2025./July 10, 2025

