



YURAK YETISHMOVCHILIGI BO'LGAN BEMORLARNI MONITORING QILISHDA SUN'IY INTELLEKTNING O'RNI

**Mamajonova Muslima
Umidjon qizi**

**Respublika shoshilinch tibbiy yordam ilmiy
markazi, kardiolog**

Annotatsiya: yurak yetishmovchiligi surunkali va qaytalanuvchi kechishi, dekompensatsiya epizodlarining tez-tez takrorlanishi hamda qayta gospitalizatsiya xavfi bilan tavsiflanadi. Shu sababli bemorni faqat rejalashtirilgan qabulda baholash ko'pincha klinik yomonlashuvni erta aniqlash uchun yetarli bo'lmaydi. Sun'iy intellekt algoritmlari elektron tibbiy kartalar, EKG, ekokardiyografiya, laborator ko'rsatkichlar, implantatsion qurilmalar, kiyiladigan sensorlar va uy sharoitida o'lganadigan fiziologik ma'lumotlarni birlashtirib, dekompensatsiya xavfini baholashda qo'llanmoqda. Ushbu maqolada sun'iy intellektning yurak yetishmovchiligi monitoringidagi imkoniyatlari, klinik dalillari, cheklovlari va xavfsiz joriy etish tamoyillari tahlil qilinadi. Asosiy xulosa shundan iboratki, AI klinik qarorni almashtirmaydi. U bemorni ustuvorlashtirish, yashirin yomonlashuv belgilarini ajratish va masofaviy kuzatuv tizimining javob tezligini oshirish uchun yordamchi vosita sifatida qiymatga ega.

Kalit so'zlar: yurak yetishmovchiligi, sun'iy intellekt, masofaviy monitoring, telemonitoring, EKG, kiyiladigan qurilmalar, dekompensatsiya, qayta gospitalizatsiya.

Kirish

Yurak yetishmovchiligi bemorning kundalik faolligi, hayot sifati va omon qolishiga ta'sir qiladigan klinik sindromdir. Uning boshqaruvidagi eng murakkab masala dekompensatsiyani erta aniqlashdir. Oyoqlarda shish, tana vaznining ortishi, nafas qisishi va jismoniy zo'riqishga chidamlilikning pasayishi ko'pincha bemor klinik jihatdan yomonlashgandan keyin seziladi. Gemodinamik o'zgarishlar, yurak ritmi, nafas olish xususiyatlari yoki faollikdagi pasayish esa ushbu belgilar paydo bo'lishidan oldin kuzatilishi mumkin. Shu nuqtada masofaviy monitoring va sun'iy intellektning klinik ahamiyati paydo bo'ladi. AI yurak yetishmovchiligida yangi dori yoki mustaqil davolash usuli emas. U katta hajmdagi va turli manbalardan keladigan ma'lumotlarni qayta ishlash usulidir. Masalan, elektron tibbiy karta ichidagi laborator natijalar, EKGdagi ritm o'zgarishlari, implantatsion qurilmaning intratorakal impedans ma'lumoti, uyda o'lgangan arterial bosim va tana vazni bitta bemorning holati haqida turli signal beradi. An'anaviy klinik ish oqimida bu signallar alohida baholanadi. AI modeli esa ularning vaqt bo'yicha o'zgarishini birgalikda tahlil qilib, yuqori xavfli bemorni tezroq aniqlashga yordam berishi mumkin [1,2].

Adabiyotlar sharhi

Masofaviy monitoring bo'yicha dalillar texnologiya turiga qarab sezilarli farq qiladi. 2026-yilgi ESC yurak yetishmovchiligi qo'llanmasida noinvaziv telemonitoring ayrim bemorlarda yurak yetishmovchiligi sababli gospitalizatsiya xavfini kamaytirish uchun ko'rib chiqilishi mumkinligi qayd etilgan. Biroq individual sinovlar natijalari bir xil emas. Buning sababi bemorlarning klinik xususiyati, uzatiladigan ma'lumot turi, ogohlantirish mezonlari va klinik jamoaning ogohlantirishga javob berish algoritmi turlicha bo'lishidir [3]. Demak, texnologiya natijasi sensorning o'zigagina emas, u qanday klinik xizmatga ulanganiga ham bog'liq. Implantatsion o'pka arteriyasi bosimi sensori bo'yicha dalillar nisbatan kuchliroq. ESC tavsiyalarida NYHA III sinfiga mansub va oxirgi 12 oy ichida yurak yetishmovchiligi sababli gospitalizatsiya bo'lgan tanlangan bemorlarda bunday masofaviy gemodinamik monitoring qayta gospitalizatsiyani kamaytirish uchun ko'rib chiqilishi kerakligi ko'rsatilgan [3]. Bu natija muhim metodologik farqni ochib beradi. Sensor faqat ma'lumot yig'maydi. Bosim o'zgarishi klinik jamoa tomonidan baholanadi va davolash rejasi, odatda diuretik terapiya, o'z vaqtida tuzatiladi. Shuning uchun klinik foyda "ma'lumot"dan emas, ma'lumotga asoslangan tezkor aralashuvdan kelib chiqadi.

AI bo'yicha nashrlarning katta qismi prognozlash modellari haqida. Ular qayta yotqizilish, o'lim, atrial fibrillyatsiya, buyrak funksiyasining yomonlashuvi yoki dori nojo'ya ta'siri ehtimolini baholash uchun mashinaviy o'qitish usullaridan foydalanadi. Bu modellar ko'pincha ichki validatsiyada yuqori aniqlik ko'rsatadi. Lekin tashqi validatsiya, turli mamlakatlar va tibbiyot tizimlarida takrorlanish, klinik ish oqimiga ta'sir va bemor uchun muhim natijalar bo'yicha dalillar cheklangan [4,5]. Shuning uchun yuqori AUC ko'rsatkichi modelning klinik foydasi isbotlanganini anglatmaydi.

Tadqiqot metodologiyasi

Mazkur maqola klinik-analitik adabiyotlar sharhi shaklida tayyorlandi. Tahlil uchun ESC yurak yetishmovchiligi qo'llanmalari, ESC digital health konsensuslari, AHA ilmiy bayonotlari, masofaviy monitoring bo'yicha sistematik sharhlar va randomizatsiyalangan sinovlar tanlandi. Manbalarni saralashda yurak yetishmovchiligi bilan kasallangan katta yoshli bemorlar, masofaviy yoki qurilmaga asoslangan monitoring, AI yordamida prognozlash yoki qarorni qo'llab-quvvatlash va klinik natijalar mezonlari ustuvor deb olindi. Dastlabki texnik ishlanmalar faqat diagnostik aniqlikni ko'rsatib, tashqi validatsiyaga ega bo'lmasa, ularning klinik qiymati ehtiyotkorlik bilan talqin qilindi.

Tahlil va natijalar muhokamasi

AI yordamida monitoringning birinchi yo'nalishi klinik yomonlashuvni oldindan aniqlashdir. Bunda algoritm bemorning tana vazni, yurak urishi, arterial bosimi, kislorod saturatsiyasi, kundalik qadamlari, uyqusi, simptomlari va dori qabul qilishi haqidagi ma'lumotlardan foydalanishi mumkin. Ayrim tizimlar implantatsion kardioverter-defibrillyator yoki resinxronizatsiya qurilmasidan yurak ritmi, nafas chastotasi, intratorakal impedans va faollik haqidagi ma'lumotlarni ham oladi. Ushbu ko'rsatkichlar alohida holda ko'pincha nospetsifik bo'ladi. Ularni vaqt qatori sifatida birlashtirish dekompensatsiyaga xos o'zgarishlar majmuasini aniqlash imkonini berishi mumkin. Biroq model signali klinik tashxis emas. U bemorni telefon orqali baholash, laborator tekshiruv yoki shoshilinch ko'rik uchun ustuvorlashtiruvchi ogohlantirishdir. Ikkinchi yo'nalish EKG, tasvirlash va biomarkerlarni tahlil qilishdir. Chuqur o'qitish

algoritmnlari standart 12 kanalli EKGdan chap qorincha sistolik disfunktsiyasi, yashirin aritmiya yoki elektrolit buzilishiga xos signalni ajratishga urinmoqda. Ekokardiyografiyada AI chap qorincha chiqarish fraksiyasini, hajmlarni va ayrim strukturaviy ko'rsatkichlarni avtomatlashtirish orqali tasvir tahlilining takrorlanuvchanligini yaxshilashi mumkin. Natriuretik peptidlar, kreatinin, kaliy va gemoglobin dinamikasini klinik ma'lumotlar bilan birlashtirish esa davolash xavfsizligini baholashga yordam beradi. Shunga qaramay, AI tasvir yoki EKG sifatidagi xatoni, noto'g'ri klinik yozuvni yoki noto'liq laborator ma'lumotni o'zi tuzata olmaydi. Algoritm sifati kiruvchi ma'lumot sifati bilan cheklanadi [5,6].

Uchinchi yo'nalish klinik ish oqimini boshqarishdir. Yurak yetishmovchiligi klinikasida bir kunda o'nlab masofaviy ogohlantirish kelishi mumkin. Agar barcha signal bir xil darajada xavfli deb qaralsa, klinik jamoa ogohlantirishlar oqimidan charchaydi va haqiqatan muhim bemor e'tibordan chetda qolishi mumkin. AI triage tizimi signalning shoshilinchligini baholash, bemorlarni xavf guruhiga ajratish va klinik hamshira yoki shifokor e'tiborini birinchi navbatda kimga qaratish kerakligini aniqlash uchun ishlatiladi. Bunda xavfsiz amaliyotning sharti aniq javob protokoli bo'lishidir. Model "yuqori xavf" deb belgilagan bemor kim tomonidan, qaysi muddatda va qanday mezon bilan qayta baholanishi oldindan yozilgan bo'lishi kerak. Dori terapiyasini optimallashtirish AI uchun istiqbolli, ammo hali ehtiyotkorlik talab qiladigan sohadir. Yurak yetishmovchiligida tavsiya etilgan davolashning samarasi ko'p jihatdan doza titrlashi, buyrak funksiyasi, qon bosimi, kaliy darajasi va bemorning dori qabul qilishiga bog'liq. Raqamli platformalar klinik ma'lumotlarni tartibga solib, davolashdagi bo'shliqlarni ko'rsatishi va titrlash uchun eslatma berishi mumkin. AIM-POWER kabi tadqiqotlar kiyiladigan sensorlar va raqamli platformaning davolashni optimallashtirishdagi o'rnini o'rganmoqda [7]. Lekin retsept yozish, dozani oshirish yoki dori to'xtatish mas'uliyati klinik baholashsiz algoritmgaga topshirilmasligi kerak. AI monitoringining eng muhim cheklovi algoritmnining klinik kontekstdan uzilib qolishidir. Model avvalgi ma'lumotlarda uchragan qonuniyatlarni o'rganadi. Agar o'quv ma'lumotlarida ayollar, yoshi katta bemorlar, etnik guruhlar, buyrak yetishmovchiligi yoki past resursli hududlar yetarli ifodalanmagan bo'lsa, model aynan shu bemorlarda xato qilishi mumkin. Noto'g'ri ijobiy signal keraksiz xavotir, tekshiruv va xarajatga olib keladi. Noto'g'ri salbiy natija esa klinik yomonlashuvni o'tkazib yuborishi mumkin. Shu bois AI modeli tashqi validatsiya, kalibrlash, klinik audit, xavfsizlik monitoringi va inson nazorati bilan joriy etilishi lozim [8].

Monitoring manbasi	AI yordamida olinadigan signal	Klinik ahamiyati va cheklovi
Uy telemonitoringi	Vazn, bosim, yurak urishi, simptomlar va faollik dinamikasi	Dekompenatsiyani erta aniqlashga yordam berishi mumkin. Bemorning o'lchovni muntazam yuborishi va klinik javob tizimi zarur.
Kiyiladigan qurilmalar	Faollik, yurak urishi, uyqu va ayrim ritm belgilarining vaqt qatori	Uzluksiz ma'lumot beradi. O'lchov aniqligi, signal shovqini va raqamli tengsizlik muammo bo'lishi mumkin.

Implantatsion qurilmalar	Ritm, nafas olish, impedans, yurak tovushlari va qurilma holati	Aritmiya va ayrim fiziologik o'zgarishlarni aniqlaydi. Klinik natijaga ta'siri qurilma va javob protokoliga bog'liq.
O'pka arteriyasi sensori	Gemodinamik bosimning masofaviy o'zgarishi	Tanlangan NYHA III bemorlarda qayta gospitalizatsiyani kamaytirish bo'yicha dalil mavjud [3].
EKG va ekokardiyografiya	Fenotip, sistolik disfunktsiya va ritm o'zgarishlari	Skrining va tasvir tahlilini qo'llab-quvvatlaydi. Tashqi validatsiya va klinik tekshiruv shart.

O'zbekiston sharoitida AI asosidagi monitoringni bosqichma-bosqich joriy qilish maqsadga muvofiq. Birinchi bosqichda bemorlarning klinik registri, standart EKG va ekokardiyografiya hisobotlari, laborator ma'lumotlar hamda qayta gospitalizatsiya ko'rsatkichlari raqamli shaklda birlashtirilishi kerak. Keyingi bosqichda yuqori xavfli bemorlar uchun telefon kuzatuv, uyda qon bosimi va tana vaznini qayd etish, dori qabulini baholash kabi arzonroq telemonitoring usullari tashkil etiladi. AI modelini joriy etishdan oldin uning mahalliy populyatsiyada tekshirilishi, klinik jamoa uchun javob algoritmi va shaxsiy ma'lumotlarni himoya qilish qoidalari ishlab chiqilishi shart. Texnologiyani xarid qilishning o'zi natijani yaxshilamaydi. Natija bemor, klinik jamoa, ma'lumot sifati va tezkor davolash qarori o'rtasidagi uzviy tizimga bog'liq.

Masofaviy monitoringning klinik samarasi haqida xulosa chiqarishda texnologiya nomi bilan emas, sinov dizayni va klinik javob modeli bilan ishlash kerak. TIM-HF2 randomizatsiyalangan tadqiqotida markazlashgan telemeditsina xizmatiga ulangan bemorlarda rejasiz yurak-qon tomir gospitalizatsiyasi va barcha sababli o'lim tufayli yo'qotilgan kunlar ulushi 4,88 foizni, odatiy kuzatuv guruhida esa 6,64 foizni tashkil etdi. Bu farq nisbiy nisbat bo'yicha 0,80 ga teng edi [10]. Mazkur natija uyda o'lchangan ko'rsatkichlarning o'zi emas, ularni tunu kun ishlaydigan telemeditsina markazi, shifokor bilan tezkor aloqa va standartlashtirilgan aralashuv algoritmi bilan bog'lash zarurligini ko'rsatadi. Aksincha, ayrim boshqa telemonitoring sinovlarida gospitalizatsiya yoki o'limga ta'sir kuzatilmagan. Ushbu qarama-qarshilik yurak yetishmovchiligi monitoringida texnik qurilmaning mavjudligi klinik dastur sifati o'rnini bosa olmasligini ko'rsatadi. AI aynan shu nuqtada foydali bo'lishi mumkin. U ko'p sonli kundalik ma'lumotni saralab, klinik jamoaga qaysi bemor bo'yicha tezkor javob kerakligini ko'rsatadi. Biroq AI ogohlantirishining foydasi klinik jamoa uni qabul qilishi, bemor bilan bog'lanishi va mos terapiyani o'zgartirishi bilan belgilanadi.

Gemodinamik monitoring bu masalani yanada aniqroq ko'rsatadi. CHAMPION randomizatsiyalangan sinovida o'pka arteriyasi bosimini simsiz sensor orqali kuzatish va shu ma'lumot asosida davolashni tuzatish NYHA III sinfidagi yurak yetishmovchiligi bo'lgan bemorlarda qayta gospitalizatsiyani odatiy kuzatuvga nisbatan 37 foizga kamaytirgan [11]. Keyingi uchta randomizatsiyalangan sinovni birlashtirgan meta-tahlilda o'pka arteriyasi bosimi monitoringi guruhida yurak yetishmovchiligi sababli gospitalizatsiya 0,41 hodisa/bemor-yil, nazorat guruhida esa 0,59 hodisa/bemor-yil bo'lgan. Birlashtirilgan xavf nisbati 0,70 ni tashkil etgan [12]. GUIDE-HF tadqiqotining asosiy tahlili umumiy yakuniy nuqta bo'yicha neytral

chiqqan bo'lsa ham, pandemiyadan oldingi davr tahlilida asosiy hodisalar 0,553 va 0,682 hodisa/bemor-yil bo'lib, gemodinamik boshqaruv foydasiga farq qayd etilgan [13]. Bu dalillar barcha yurak yetishmovchiligi bemorlariga bir xil monitoring kerak degan xulosaga olib kelmaydi. Ular faqat klinik jihatdan yuqori xavfli, avval gospitalizatsiya bo'lgan va javob beruvchi ko'p tarmoqli jamoaga ega markazlarda invaziv monitoringning asosli o'rni borligini ko'rsatadi. AI bunday ma'lumotlar oqimida bosim trendlarini, dori o'zgarishlarini va klinik hodisalarni vaqt bo'yicha bog'lash orqali qarorni qo'llab-quvvatlashi mumkin.

AI modellarining baholanishida diagnostik aniqlik va klinik samaradorlik alohida tushunchalardir. Retrospektiv ma'lumotlar bazasida qayta gospitalizatsiyani yaxshi bashorat qilgan model real amaliyotda foyda bermasligi mumkin. Bunga bir necha sabab bor: model boshqa populyatsiyada kalibrlanmagan bo'lishi mumkin, undagi ma'lumotlar to'liq bo'lmasligi mumkin yoki ogohlantirishdan keyin klinik aralashuv bo'lmasligi mumkin. Shu bois modelning AUC, sezgirlik va spetsifiklik ko'rsatkichlari dastlabki texnik baho sifatida qaraladi. Klinik joriy etishdan oldin model tashqi validatsiyadan o'tishi, xavf bo'yicha kalibrlanishi, turli yosh, jins va hamroh kasalliklar guruhida tekshirilishi, shuningdek shifokor qarori va bemor natijalariga qo'shadigan mutlaq foydasi baholanishi kerak [4,5]. AI tizimi "qora quti" bo'lib qolsa, shifokor ogohlantirish sababini tushunmaydi va unga asoslangan qarorni himoya qila olmaydi. Shu sababli izohlanadigan belgilarga ega, klinik jihatdan mantiqli va audit qilinadigan modellar yurak yetishmovchiligi amaliyotida afzal hisoblanadi.

Sun'iy intellektni amaliyotga joriy etishning muhim masalalari ma'lumotlar sifati, tenglik, maxfiylik va javobgarlikdir. Uy monitoringidan foyda ko'rish uchun bemorda smartfon, barqaror aloqa, qurilmadan foydalanish ko'nikmasi va muntazam ma'lumot yuborish imkoniyati bo'lishi kerak. Raqamli infratuzilmasi cheklangan hududlarda faqat ilovaga asoslangan tizim ijtimoiy tengsizlikni kuchaytirishi mumkin. Bundan tashqari, yurak yetishmovchiligi bo'lgan bemorlarda buyrak yetishmovchiligi, diabet, atrial fibrillyatsiya va ko'p dori qabul qilish tez-tez uchraydi. Agar model shu murakkab klinik guruhlarini yetarli qamrab olmasa, uning xatosi aynan eng zaif bemorlarda ko'payadi. FDAning yaxshi mashinaviy o'qitish amaliyoti tamoyillari modelni ishlab chiqishdan keyin ham kuzatish, ma'lumotlar o'zgarishi tufayli yuzaga keladigan siljishni aniqlash va xavfsizlik bo'yicha muntazam audit o'tkazishni talab qiladi [14]. O'zbekiston uchun maqbul yo'l tayyor xorijiy algoritmnini nazoratsiz import qilish emas, balki standart klinik registr, sifatli ma'lumotlar, mahalliy validatsiya, bemor roziligi va aniq klinik javob protokoli asosida bosqichma-bosqich joriy etishdir.

Xulosa

Sun'iy intellekt yurak yetishmovchiligi bo'lgan bemorlarni monitoring qilishda klinik ma'lumotlarni tezroq va tizimli tahlil qilish imkonini beradi. U dekompensatsiya xavfini oldindan baholash, masofaviy ogohlantirishlarni saralash, EKG va tasvirlash tahlilini qo'llab-quvvatlash hamda davolashni optimallashtirishdagi bo'shliqlarni aniqlashda foydali bo'lishi mumkin. Hozirgi dalillar masofaviy gemodinamik monitoringning tanlangan yuqori xavfli bemorlarda qayta gospitalizatsiyani kamaytirishini ko'rsatadi. Noinvaziv telemonitoringning foydasi esa dastur tuzilishi va klinik javob tizimiga bog'liq. AI modellari uchun tashqi validatsiya, algoritmik adolatlilik, ma'lumotlar xavfsizligi va shifokor nazorati majburiy talab bo'lib qoladi.

Shunday qilib, AI yurak yetishmovchiligi monitoringida klinik qarorni almashtiruvchi texnologiya emas. U o'z vaqtida va asosli klinik aralashuvni qo'llab-quvvatlaydigan vositadir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. European Society of Cardiology. 2026 ESC Guidelines for the management of heart failure. European Heart Journal. 2026.
2. European Society of Cardiology Working Group on e-Cardiology. Digital solutions to optimize guideline-directed medical therapy prescription rates in patients with heart failure. European Heart Journal Digital Health. 2024.
3. 2026 ESC Guidelines for the management of heart failure. Section 11.5 Telemonitoring.
4. Remote patient monitoring in heart failure: a systematic review, meta-analysis, and trial sequential analysis. 2025.
5. Application and potential of artificial intelligence in heart failure: past, present, and future. International Journal of Heart Failure. 2024;6(1):11–19.
6. Use of artificial intelligence in improving outcomes in heart disease: a scientific statement from the American Heart Association. Circulation. 2024.
7. AIM-POWER Trial. Digital platform to optimize guideline-directed heart failure therapy. 2025.
8. FDA. Good machine learning practice for medical device development: guiding principles. 2021.
9. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. European Heart Journal. 2021;42:3599–3726.
10. Koehler F, Koehler K, Deckwart O, et al. Efficacy of telemedical interventional management in patients with heart failure TIM-HF2. Lancet. 2018;392:1047-1057.
11. Abraham WT, Stevenson LW, Bourge RC, et al. Sustained efficacy of pulmonary artery pressure to guide adjustment of chronic heart failure therapy. Lancet. 2016;387:453-461.
12. Efficacy of pulmonary artery pressure monitoring in patients with chronic heart failure: a meta-analysis of three randomized controlled trials. European Heart Journal. 2023.
13. Lindenfeld J, et al. Haemodynamic-guided management of heart failure GUIDE-HF: a randomised controlled trial. Lancet. 2021;398:991-1001.
14. U.S. Food and Drug Administration. Good machine learning practice for medical device development: guiding principles. 2021.