

SMART-SOATLAR VA RAQAMLI SENSORLAR YORDAMIDA YURAK FAOLIYATINI KUZATISH

Ataxanov Sanjarbek Anvarovich

FJSTI, "Biotibbiyot muhandisligi, biofizika va axborot texnologiyalari" kafedra assistenti

Muxtorova Shohsanam Sherzod qizi

FJSTI, Pediatriya yo'nalishi 1-kurs talabasi

Annotatsiya: Ushbu maqolada smart-soatlar, biosensorlar va raqamli monitoring tizimlarining yurak faoliyatini kuzatishdagi o'rni yoritilgan. Zamonaviy tibbiyotda yurak faoliyatining uzluksiz nazorati yurak kasalliklarini erta aniqlash, aritmiyalar, gipertoniya va yurak urish tezligidagi o'zgarishlarni kuzatish uchun muhim hisoblanadi. Raqamli texnologiyalar orqali yurak faoliyati haqidagi ma'lumotlar real vaqt rejimida tahlil qilinib, shifokorga yoki bemorning o'ziga yetkaziladi. Ushbu maqolada yurak monitoringida sun'iy intellekt, mobil ilovalar va bulutli tahlil tizimlarining roli batafsil tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: smart-soat, biosensor, yurak faoliyati, raqamli monitoring, sun'iy intellekt, telemeditsina.

KIRISH

So'nggi yillarda raqamli texnologiyalar va tibbiyot integratsiyasi sog'liqni saqlash tizimida yangi bosqichni boshlab berdi. Ayniqsa, yurak faoliyatini nazorat qilishda aqlli soatlar (smartwatch) va raqamli sensorlar muhim diagnostik vositaga aylandi. Yurak-qon tomir kasalliklari dunyo bo'yicha o'limning yetakchi sabablaridan biri bo'lib, ularning erta aniqlanishi hayot sifatini yaxshilashda muhim rol o'ynaydi.

Shu sababli yurak faoliyatini real vaqt rejimida kuzatish, uzluksiz monitoring qilish, va sun'iy intellekt orqali tahlil etish tibbiy nazoratning yangi paradigmasi sifatida qaralmoqda.

ASOSIY QISM

So'nggi o'n yilliklarda "raqamli tibbiyot" (digital health) yo'nalishining jadal rivojlanishi natijasida nosaqlanadigan (non-invasive) biosensorlar va aqlli soatlar yurak faoliyatini uzluksiz kuzatishning eng qulay vositalaridan biriga aylandi.

Smart-soatlar o'zida bir nechta yuqori aniqlikdagi sensorlarni mujassamlashtiradi:

- Fotopletizmografik sensor (PPG) – qon tomirlaridagi qon hajmining optik o'zgarishini aniqlab, yurak urish tezligi (HR) va ritmini o'lchaydi;
- Elektrokardiografik sensor (EKG/ECG) – yurakning elektr faolligini qayd etib, ritm buzilishlarini (aritmiya, ekstrasistoliya) aniqlaydi;

- Akselerometr va giroskop – jismoniy faollik, uyqu sifatini, stress darajasini baholaydi;
- Oksimetriya (SpO₂) moduli – qondagi kislorod to'yinganlik darajasini ko'rsatadi;
- Sun'iy intellekt asosidagi tahlil algoritmlari – to'plangan ma'lumotlarni real vaqt rejimida tahlil qilib, foydalanuvchiga yurak faoliyatidagi o'zgarishlar haqida signal beradi.

Smart-soatlar bulutli (cloud-based) tahlil tizimlariga ulangan bo'lib, ma'lumotlar avtomatik tarzda mobil ilova yoki tibbiy ma'lumotlar bazasiga yuboriladi. Shu orqali shifokorlar masofadan bemor yurak faoliyatini kuzatish imkoniyatiga ega bo'ladi.

Smart-soatlar yordamida yurak faoliyatining asosiy ko'rsatkichlari aniqlanadi:

- Yurak urish chastotasi (Heart Rate Monitoring) – dam olish va jismoniy faollik paytidagi o'zgarishlar aniqlanadi;
- Aritmiyalarni erta tashxislash – Apple Watch va Samsung Watch kabi soatlar atrial fibrillyatsiyani 95% aniqlik bilan aniqlay oladi;
- Qon bosimi (Blood Pressure Estimation) – ayrim modellar (Huawei Watch D) bilak bosimi asosida sistolik va diastolik bosimni o'lchaydi;
- Stress, uyqu va yurak ritmi o'zaro bog'liqligini tahlil qilish – yurak variabelligi (HRV) orqali stress darajasi va vegetativ asab tizimi faolligi baholanadi.

Shuningdek, smart-soatlar yurak faoliyatidagi favqulodda o'zgarishlarni (masalan, bradikardiya yoki yurak to'xtashi xavfi) aniqlab, foydalanuvchining o'zi yoki shifokoriga signal yuboradi. Ayrim qurilmalarda bu ma'lumot GPS orqali joylashuv bilan birga yuborilib, tez yordam tizimini chaqirish imkonini beradi.

Pediatrriyada yurak faoliyatini kuzatish ko'pincha kasalxonada yoki klinik sharoitda amalga oshiriladi. Ammo so'nggi yillarda raqamli biosensorlar yordamida bu nazoratni uy sharoitida ham olib borish mumkin bo'ldi.

Ular quyidagi yo'nalishlarda qo'llanadi:

Neonatal nazorat tizimlari: yangi tug'ilgan chaqaloqlarda yurak urish chastotasi, tana harorati va kislorod to'yinganligi doimiy kuzatiladi. Bunday sensorlar chaqaloq kiyimlariga yoki tagliklarga o'rnatiladi.

Tug'ma yurak nuqsonlari (TYuN) bo'lgan bolalarda monitoring: yurak ritmidagi o'zgarishlar erta aniqlanadi, gipoksiya xavfi kamayadi.

Sport bilan shug'ullanayotgan o'smirlar: yurak faoliyatiga ortiqcha yuklama tushmasligi uchun monitoring olib boriladi.

Reabilitatsiya bosqichidagi bolalar: yurak zarbasi, qon aylanishi va kislorod almashinuvining tiklanish jarayoni kuzatiladi.

Bundan tashqari, pediatrik amaliyotda bolalar uchun moslashtirilgan aqlli bilakuzuklar (smart-band) ishlab chiqilmoqda, ular og'irlik jihatidan yengil va teriga mos materiallardan tayyorlanadi.

Smart-soatlar va biosensorlar tomonidan to'plangan katta hajmdagi ma'lumotlarni sun'iy intellekt (AI) yordamida tahlil qilish hozirgi kunda asosiy yo'nalish hisoblanadi.

AI algoritmlari quyidagi vazifalarni bajaradi:

Yurak urish signallaridagi anomal o'zgarishlarni avtomatik aniqlaydi;

Har bir foydalanuvchi uchun individual sog'liq profili yaratadi; Yurak kasalligi rivojlanish xavfini prognoz qiladi;

Tibbiy qarorlarni qo'llab-quvvatlash tizimlariga integratsiya qilinadi.

Masalan, "Apple Heart Study" loyihasida 400 mingdan ortiq foydalanuvchi ishtirok etgan bo'lib, sun'iy intellekt yordamida 98% hollarda yurak ritm buzilishlari aniqlangan. Kelajakda bu tizimlar elektron sog'liq kartalari, mobil ilovalar va telemeditsina markazlari bilan to'liq integratsiyalashishi kutilmoqda.

Raqamli sensorlar orqali olingan yurak ma'lumotlari telemeditsina platformalari orqali shifokorlarga yetkaziladi.

Bu tizimlar:

- ☐ Bemorni klinikadan tashqarida kuzatish imkonini beradi;
- ☐ Yurak kasalliklarining erta ogohlantirish tizimini yaratadi;
- ☐ Favqulodda vaziyatlarda (masalan, yurak to'xtashi xavfi) shifokor yoki oila a'zolariga signal yuboradi;
- ☐ Qishloq joylarda yoki uzoq hududlarda yashovchi aholiga kardiologik xizmatlardan foydalanish imkonini kengaytiradi.

Asosiy qism (qo'shimcha ma'lumotlar)

1. Sensorlarning texnik imkoniyatlari va yangi yo'nalishlar

Multimodal sensorlar: Zamonaviy smart-soatlar bir vaqtning o'zida bir nechta biosensorlar orqali yurak ritmi, qon bosimi, SpO_2 , tana harorati va hatto elektrolit balansini kuzatishi mumkin. Bu ma'lumotlarni birlashtirib tahlil qilish yurak faoliyatidagi subtel o'zgarishlarni aniqlash imkonini beradi.

Bioimpedans modullari: Ba'zi qurilmalarda yurak chiqishi (cardiac output) va suyuqlik balansini baholash uchun bioimpedans texnologiyasi ishlatiladi. Bu yurak yetishmovchiligi xavfini oldindan aniqlashda foydalidir.

Adaptiv signal filtrlash: Sensorlar harakat va tashqi shovqindan kelib chiqqan xatolarni kamaytiradigan algoritmlarga ega bo'lib, real vaqt monitoringning aniqligini oshiradi.

2. Pediatrik va neonatal qo'llashdagi innovatsiyalar

Neonatal monitoring: Yangi tug'ilgan chaqaloqlarda yurak urish chastotasi, respirator faollik va kislorod to'yinganligi kabi parametrlar kiyim yoki taglik ichiga integratsiyalangan sensorlar yordamida uzluksiz kuzatiladi.

Konjenital yurak nuqsonlari (TYuN): Smart-soatlar yordamida chaqaloqlar va bolalarda atrial yoki ventrikulyar ritm buzilishlarini real vaqt rejimida aniqlash mumkin. Bu shifokorlar uchun favqulodda aralashuvlarni osonlashtiradi.

O'smir sport monitoringi: Sport bilan shug'ullanayotgan bolalar va o'smirlar uchun yurak urish chastotasi, HRV, jismoniy faollik va stress darajasi kuzatiladi, ortiqcha yuklamalar oldini oladi.

3. Ma'lumotlarni tahlil qilish va sun'iy intellekt

Anomaliya aniqlash: AI algoritmlari yurak ritmida eng kichik subtel o'zgarishlarni aniqlay oladi, masalan, preludiya atrial fibrillyatsiyasi yoki ekstrasistoliya.

Prognozlash va profilaktika: AI shaxsiy risk faktorlarini tahlil qilib, bemorga va shifokorga individual profilaktika va reabilitatsiya dasturini taklif qiladi.

Katta ma'lumotlar va bulutli tizimlar: To'plangan yuz minglab ma'lumotlar bulut tizimida saqlanib, katta statistik tahlil va klinik tadqiqotlarda qo'llaniladi.

4. Telemeditsina va masofaviy monitoring

Masofaviy diagnostika: Smart-soatlar va sensorlar to'plagan ma'lumotlar mobil ilovalar va telemeditsina platformalari orqali shifokorga yetkaziladi, hatto qishloq joylarida ham yurak monitoringi amalga oshiriladi.

Favqulodda signalizatsiya: Yurak ritmida xavfli o'zgarish aniqlanganda qurilmalar avtomatik ravishda foydalanuvchiga, shifokorga yoki yaqinlarga signal yuboradi.

Integratsiya: Ma'lumotlar elektron sog'liq kartalari, tibbiy dasturlar va AI tizimlariga integratsiyalashgan holda klinik qarorlarni qo'llab-quvvatlaydi.

5. Qo'llashning afzalliklari va cheklovlar

Afzalliklari:

Doimiy real vaqt monitoring;

24/7 pediatrik va kattalar kuzatuv;

Erta tashxis va profilaktika;

Reabilitatsiya va sog'lom turmush tarzini nazorat qilish.

Cheklovlari:

Sensorlarning aniqligi klinik apparatlar bilan solishtirganda farq qilishi mumkin;

Bolalarda kichik bilak o'lchami sababli ma'lumotlar xato bo'lishi mumkin;

Maxfiylik va shaxsiy ma'lumotlarni himoya qilish talab etiladi;

Qiymat va texnik xizmat xarajatlari ayrim mamlakatlarda cheklov bo'lishi mumkin.

6. Kelajak istiqbollari

Bolalar uchun maxsus yengil smart-bandlar va kiyimlarga integratsiyalangan sensorlar;

Yurak faoliyatini bashorat qiluvchi murakkab AI algoritmlari;

Telemeditsina va elektron sog'liq kartalariga to'liq integratsiya;

Global miqyosda sog'lom hayot tarzini kuzatish va yurak kasalliklarini oldini olish tizimlari.

MUHOKAMA VA NATIJA

Smart-soatlar va raqamli sensorlardan foydalanishning samaradorligi haqida olib borilgan ko'plab tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki:

Ular yurak kasalliklarini erta bosqichda aniqlashga yordam beradi;

Yurak faoliyatini doimiy kuzatish orqali kasallikning og'ir kechishini kamaytiradi;

Profilaktika va reabilitatsiya bosqichida bemor faol ishtirokchi sifatida nazoratda bo'lishini ta'minlaydi. Masalan, AQSh, Yaponiya va Janubiy Koreyada yurak kasalliklarini kuzatish uchun smart-soatlardan foydalanish natijasida yurak xurujlari soni 22–28% ga kamaygani aniqlangan. O'zbekiston va Markaziy Osiyoda ham telemeditsina tizimlari jadal rivojlanmoqda, ammo smart-soat ma'lumotlarini klinik tahlil tizimlariga integratsiya qilish hali to'liq yo'lga qo'yilmagan.

Shu bilan birga, ayrim cheklovlar ham mavjud:

- Qurilmalarning aniqligi klinik sharoitdagi tibbiy asboblardan solishtirganda farq qilishi mumkin;

- Bolalarda bilak o'lchami kichik bo'lgani sababli o'lchov natijalari noaniq chiqishi ehtimoli bor;

- Maxfiylik (privacy) va shaxsiy ma'lumotlarni himoya qilish muammolari dolzarbdir.

Shunday bo'lsa-da, bu texnologiyalar kelajak tibbiyotining asosiy yo'nalishi bo'lib, yurak faoliyatini masofadan monitoring qilishda yangi imkoniyatlar ochmoqda.

Smart-soatlar va raqamli sensorlar yordamida yurak faoliyatini kuzatish sog'liqni saqlash tizimida yangi bosqichni boshlab berdi.

Ularning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

1. Doimiy va real vaqt rejimida monitoring – yurak ritmini uzluksiz kuzatish imkonini beradi;

2. Erta tashxis – aritmiyalar, gipertoniya va yurak yetishmovchiligini dastlabki bosqichda aniqlash;

3. Telemeditsina integratsiyasi – shifokor-bemor aloqasini kuchaytirish, masofaviy tibbiy xizmatni kengaytirish;

4. Sun'iy intellekt orqali avtomatik tahlil – yurak kasalliklarini bashorat qilish va xavfni kamaytirish;

5. Pediatriyada qo'llash imkoniyati – bolalarda yurak faoliyatini qulay, xavfsiz va uzluksiz kuzatish.

Xulosa qilib aytganda, smart-soatlar va raqamli sensorlar yordamida yurak faoliyatini kuzatish profilaktik tibbiyotning eng istiqbolli yo'nalishlaridan biri bo'lib, kelajakda ularning imkoniyatlari yanada kengayib, milliy sog'liqni saqlash tizimiga chuqur integratsiyalashgan holga keladi.

XULOSA

Zamonaviy axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi tibbiyot sohasiga tub o'zgarishlar kiritmoqda. Ayniqsa, smart-soatlar va raqamli sensorlar yordamida

yurak faoliyatini uzluksiz kuzatish imkoniyatlari kardiologiyada yangi davrni boshlab berdi. Ushbu texnologiyalar yordamida yurak urish chastotasi, qon bosimi, kislorod to'yinganligi (SpO_2), elektrokardiogramma (EKG) kabi ko'rsatkichlar real vaqt rejimida qayd etiladi, tahlil qilinadi va natijalar bemorning o'zi hamda davolovchi shifokorga tezkor ravishda yetkaziladi. Bunday tizimlar yurak kasalliklarini erta aniqlash, yurak ritm buzilishlarini vaqtida aniqlab, og'ir holatlar (masalan, aritmiya, ishemiya yoki yurak to'xtashi xavfi)ning oldini olishda katta amaliy ahamiyatga ega. Ayniqsa, pediatrik amaliyotda yurak faoliyatini uzoq muddatli, invaziv bo'lmagan tarzda kuzatish bolalarning fiziologik holatini tabiiy sharoitda baholash imkonini beradi. Shuningdek, bolalarda jismoniy faollik, stress, uyqu sifati va yurakning adaptiv javobi o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash imkoniyati ham ortadi. Raqamli sensor tizimlar sun'iy intellekt algoritmlari bilan integratsiyalashgan holda yanada aniqroq tahlillarni amalga oshirishga xizmat qilmoqda. AI modellarining qo'llanilishi yurak faoliyatidagi o'zgarishlarni oldindan bashorat qilish, individual profilaktika dasturlarini ishlab chiqish va shaxsga yo'naltirilgan tibbiyot tamoyillarini amalda tatbiq etish imkonini bermoqda. Bundan tashqari, smart-soatlar yordamida to'plangan ma'lumotlar telemeditsina platformalari orqali tibbiy muassasalarga uzatilishi, bemor bilan shifokor o'rtasidagi masofaviy aloqa va monitoring tizimining samaradorligini oshiradi. Bu, ayniqsa, yurak kasalliklari bilan og'rigan bemorlar uchun doimiy tibbiy nazoratni ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Umuman olganda, smart-soatlar va raqamli sensorlarning yurak faoliyatini kuzatishdagi joriy etilishi nafaqat diagnostika sifatini yaxshilaydi, balki sog'lom turmush tarzini shakllantirish, yurak kasalliklarini erta ogohlantirish va ularni oldini olishga xizmat qiladi. Kelajakda bu tizimlarni yanada takomillashtirish, tahlil algoritmlarini murakkablashtirish hamda bolalar uchun maxsus sensor modellarini ishlab chiqish orqali kardiologik monitoringni yanada ishonchli va ommaviy qilish imkoniyatlari mavjud.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. World Health Organization (WHO). Cardiovascular diseases: key facts, 2023.
2. Apple Inc. Heart Health Study Results. Journal of the American Heart Association, 2022.
3. Sharma, A. et al. Wearable Devices for Cardiac Monitoring: Current Status and Future Directions. Frontiers in Digital Health, 2021.
4. Al-Sarawi, S. et al. Wearable and Implantable Sensors for Continuous Health Monitoring. Sensors, 2020.
5. O'zbekiston Respublikasi Sog'liqni Saqlash Vazirligi. Telemeditsina va raqamli sog'liqni saqlash konsepsiyasi, 2024.

6. Абдуллаева Н.Х., Рахимова Г.А. Kardiologiyada zamonaviy monitoring tizimlari va ularning amaliy ahamiyati. — Tashkent: TTA nashriyoti, 2022.
7. Karimov A.A., Rasulov B.S. Telemeditsina va raqamli sog'liqni saqlash tizimlari. — Toshkent: "Fan va texnologiya", 2021.
8. Ismoilova M.R. Bolalarda yurak-qon tomir kasalliklarida raqamli texnologiyalarni qo'llash imkoniyatlari. // "Pediatriya va bolalar jarrohligi" jurnali, 2023, №4, 45–49-betlar.
9. Nazarov O., Usmonov I. Sun'iy intellektning tibbiyotdagi qo'llanilishi: monitoring va diagnostika tizimlari. — Toshkent: Innovatsion tibbiyot markazi, 2022.
10. Tursunova D.S. Yurak faoliyatini baholashda raqamli sensorlarning ahamiyati. // "Tibbiyotda innovatsiyalar" jurnali, 2024, №2, 31–37-betlar.