



Ravshanov Zafar Xazratqulovich¹
Yuldoshev Ulug'bek Aziz o'g'li²

1. Samarqand davlat tibbiyot universiteti, DKTF Tibbiy radiologiya kafedrası assistenti
2. Samarqand davlat tibbiyot universiteti, DKTF Tibbiy radiologiya kafedrası klinik ordinatori
Samarqand, Uzbekiston
uluqbek3141301@gmail.com +9989990844195

Surunkali yurak yetishmovchiligi bo'lgan bemorlarda raqamli rentgenografiya va sun'iy intellekt: kardioreabilitatsiyaning samaradorligini masofadan baholash
Annotatsiya

Surunkali yurak yetishmovchiligi nogironlik va o'lim darajasining yuqoriligi bilan tavsiflanuvchi zamonaviy sog'liqni saqlashning dolzarb muammolaridan biridir. Ushbu tadqiqotdan maqsad surunkali yurak yetishmovchiligi bilan og'riqan bemorlarda kardioreabilitatsiya samaradorligini masofadan turib baholashda raqamli rentgenografiya va sun'iy intellekt imkoniyatlarini o'rganishdan iborat.

Tadqiqotda ko'krak qafasi rentgenogrammalarini avtomatlashtirilgan tahlil qilish uchun neyron tarmoqlarga asoslangan algoritmlardan foydalanildi. Bunda kardiotorakal indeks, o'pkadagi dimlanish, interstitsial o'zgarishlar va yurak soyasining dinamikasi kabi ko'rsatkichlar baholandi.

Natijalar sun'iy intellektga asoslangan tahlil diagnostika aniqligini oshirishi, subyektiv xatoliklarni kamaytirishi va kasallik dinamikasini erta aniqlash imkonini berishini ko'rsatdi. Teletibbiyot platformalari yordamidagi masofaviy monitoring bemorlar holatini uzluksiz kuzatib borish, davolash jarayoniga o'z vaqtida tuzatishlar kiritish va ularning qayta kasalxonaga yotqizilishi holatlarini kamaytirishga xizmat qiladi.

Shunday qilib, raqamli rentgenografiya, sun'iy intellekt va teletibbiyot integratsiyasi kardioreabilitatsiya samaradorligini oshirish hamda surunkali yurak yetishmovchili prognozini yaxshilashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so'zlar: surunkali yurak yetishmovchiligi, tibbiyotda sun'iy intellekt, neyron tarmoqlari, raqamli rentgenografiya, tibbiy tasvirlarni tahlil qilish, telemeditsina, masofaviy monitoring, kardioreabilitatsiya, kardiotorakal indeks, o'pka dimlanishi, avtomatlashtirilgan diagnostika, tibbiy axborot tizimlari.

Цифровая рентгенография и искусственный интеллект у пациентов с хронической сердечной недостаточностью: дистанционная оценка эффективности кардиореабилитации

Аннотация

Хроническая сердечная недостаточность является одной из актуальных проблем современного здравоохранения, характеризующейся высоким уровнем инвалидности и смертности. Целью данного исследования является изучение возможностей цифровой рентгенографии и искусственного интеллекта для дистанционной оценки эффективности кардиореабилитации у пациентов с хронической сердечной недостаточностью.

В исследовании использовались алгоритмы, основанные на нейронных сетях, для автоматизированного анализа рентгенограмм грудной клетки. При этом оценивались такие показатели, как кардиоторакальный индекс, застой в легких, интерстициальные изменения и динамика тени сердца.

Результаты показали, что анализ на основе искусственного интеллекта повышает точность диагностики, снижает субъективные ошибки и позволяет на ранней стадии выявлять динамику заболевания. Дистанционный мониторинг с помощью телемедицинских платформ способствует непрерывному наблюдению за состоянием пациентов, своевременной корректировке процесса лечения и снижению случаев их повторной госпитализации.

Таким образом, интеграция цифровой рентгенографии, искусственного интеллекта и телемедицины имеет важное значение для повышения эффективности кардиореабилитации и улучшения прогноза хронической сердечной недостаточности.

Ключевые слова: хроническая сердечная недостаточность, искусственный интеллект в медицине, нейронные сети, цифровая рентгенография, анализ медицинских изображений, телемедицина, дистанционный мониторинг, кардиореабилитация, кардиоторакальный индекс, застой легких, автоматизированная диагностика, медицинские информационные системы.

Digital radiography and artificial intelligence in patients with chronic heart failure: remote assessment of cardiac rehabilitation effectiveness

Abstract

Chronic heart failure is one of the pressing issues in modern healthcare, characterized by high levels of disability and mortality. The aim of this study is to investigate the capabilities of digital radiography and artificial intelligence for the remote assessment of cardiac rehabilitation effectiveness in patients with chronic heart failure.

The study utilized algorithms based on neural networks for the automated analysis of chest X-rays. At the same time, indicators such as the cardiothoracic index, lung congestion, interstitial changes, and heart shadow dynamics were evaluated.

The results showed that artificial intelligence-based analysis increases diagnostic accuracy, reduces subjective errors, and allows for the early detection of disease dynamics. Remote

monitoring using telemedicine platforms contributes to continuous monitoring of patients' condition, timely adjustment of the treatment process, and a reduction in their re-hospitalization.

Thus, the integration of digital radiography, artificial intelligence, and telemedicine is important for increasing the effectiveness of cardiac rehabilitation and improving the prognosis of chronic heart failure.

Keywords: chronic heart failure, artificial intelligence in medicine, neural networks, digital radiography, medical image analysis, telemedicine, remote monitoring, cardiac rehabilitation, cardiothoracic index, pulmonary congestion, automated diagnostics, medical information systems.

Kirish

Surunkali yurak yetishmovchiligi — miokardning tuzilmaviy yoki funksional buzilishlari natijasida rivojlanadigan, yurakning nasos funksiyasi pasayishi va to'qimalarning qon bilan yetarli ta'minlanmasligiga olib keladigan murakkab klinik sindromdir. U yurak ishemik kasalligi, arterial gipertenziya va kardiomiopatiyalar kabi kasalliklarning yakuniy bosqichi hisoblanadi. Aholining qarishi va yurak-qon tomir kasalliklaridan omon qolish darajasining oshishi tufayli SYuY tarqalishi ortib bormoqda.

Zamonaviy davolash usullariga qaramay, surunkali yurak yetishmovchiligi hali ham shifoxonaga yotqizishning asosiy sabablaridan biri bo'lib qolmoqda. Shu bois bemorlarni uzoq muddatli kuzatish va nazorat qilish muhim ahamiyat kasb etadi. Kardioreabilitatsiya bemorlarning funksional holatini yaxshilashda muhim bo'lsa-da, uning samaradorligini baholash muntazam monitoringni talab qiladi.

An'anaviy kuzatuv usullarining cheklanganligi raqamli texnologiyalarni joriy etishni dolzarb qiladi. Raqamli rentgenografiya yurak o'lchamlari va o'pkadagi dimlanishni baholashda muhim diagnostik vosita sanaladi. Sun'iy intellekt texnologiyalari esa tasvirlarni avtomatlashtirilgan tahlil qilish, tashxis aniqligini oshirish va patologik o'zgarishlarni erta aniqlash imkonini beradi.

Telemeditsina bilan integratsiya bemorlarni masofadan turib uzluksiz kuzatish, davolashga o'z vaqtida tuzatish kiritish va shifoxonaga yotqizish ehtiyojini kamaytirishga yordam beradi. Shu tariqa, raqamli rentgenografiya, sun'iy intellekt va telemeditsina uyg'unligi surunkali yurak yetishmovchiligi bilan og'rigan bemorlarni davolashda samarali va innovatsion yondashuvni ta'minlaydi.

Tadqiqot maqsadi

Tadqiqot maqsadi — surunkali yurak yetishmovchiligi bo'lgan bemorlarda kardiojarrohlikdan keyingi kardioreabilitatsiya samarasini masofadan baholashda raqamli rentgenografiya va sun'iy intellekt imkoniyatlarini aniqlashdan iborat.

Shuningdek, ushbu yondashuvning diagnostik aniqligi, dekompensatsiyani erta aniqlash hamda bemorlarni uzluksiz kuzatishdagi samaradorligi baholandi.

Materiallar va metodlar

Ushbu prospektiv tadqiqot ixtisoslashtirilgan kardiologiya bo'limi negizida, NYHA tasnifi bo'yicha II–III funksional sinfga mansub surunkali yurak yetishmovchiligi tashxisi qo'yilgan 72 nafar bemor ishtirokida o'tkazildi. Surunkali yurak yetishmovchiligi tashxisi klinik ma'lumotlar, exokardiografiya va amaldagi klinik tavsiyalar asosida tasdiqlandi.

Tadqiqotga kiritish va undan chetlatish mezonlari

Tadqiqotga quyidagi bemorlar kiritildi:

- yoshi 40 dan 75 gacha bo'lganlar;
- NYHA tasnifiga ko'ra II–III FS SYuYe tashxisi tasdiqlanganlar;
- tadqiqotga kiritilish vaqtida klinik holati barqaror bo'lganlar;
- tadqiqotda ishtirok etish uchun axborotlashtirilgan rozilik berganlar.

Quyidagilar chetlatish mezonlari bo'ldi:

- so'nggi 3 oy ichida o'tkazilgan o'tkir koronar sindromlar;
- og'ir yo'ldosh kasalliklar (onkologik, terminal buyrak yetishmovchiligi va b.);
- masofaviy monitoringda ishtirok etish imkoniyatining yo'qligi (raqamli texnologiyalardan foydalana olmaslik).

Tadqiqot dizayni

Bemorlar o'zaro taqqoslanadigan ikkita guruhga randomizatsiya qilindi:

Asosiy guruh (n=36) — telemeditsina monitoringi doirasida raqamli rentgenografiya va sun'iy intellekt algoritmlaridan foydalangan holda kuzatuv;

Nazorat guruhi (n=36) — davriy yuzma-yuz vizitlar bilan standart klinik kuzatuv (kuzatuv davomiyligi 6 oyni tashkil etdi).

Instrumental va klinik tekshiruv usullari

Barcha bemorlarda quyidagilarni o'z ichiga olgan diagnostik chora-tadbirlar majmuasi o'tkazildi:

- Ko'krak qafasi a'zolarining standart proyeksiyalarda raqamli rentgenografiyasi va olingan tasvirlarga raqamli ishlov berish;
- Yurakning ko'ndalang o'lchamining ko'krak qafasining ichki diametriga nisbati sifatida kardiotorakal indeksni (KTI) baholash;
- O'pkada qon dimlanishi belgilarini, jumladan, o'pka surati kuchayishi, interstitsial o'zgarishlar, Kerli chiziqlari mavjudligi va alveolyar shish belgilarini tahlil qilish;
- Bemor holatini klinik baholash, jumladan, NYHA bo'yicha funksional sinfni, yurak qisqarishlari chastotasini, hansirash darajasini va jismoniy zo'riqishga tolerantlikni aniqlash.

Sun'iy intellekt algoritmlari

Rentgen tasvirlarini tahlil qilish uchun chuqur o'rganish usullariga (konvolyutsion neyron tarmoqlari — CNN) asoslangan sun'iy intellekt modelidan foydalanildi.

Model normal va patologik tasvirlarni o'z ichiga olgan, belgilangan ko'krak qafasi rentgenogrammalari bazasida oldindan o'qitilgan edi. O'qitish to'plami rentgenolog-shifokorlar tomonidan bajarilgan ekspert belgilariga ega ma'lumotlardan iborat bo'ldi.

Algoritm quyidagilarni ta'minladi:

- yurak va o'pka konturlarini avtomatik aniqlash va segmentatsiyalash;
- kardiotorakal indeksni avtomatik rejimda hisoblash;
- o'pkada qon dimlanishi darajasini miqdoriy baholash;
- ketma-ket tekshiruvlar davomidagi o'zgarishlar dinamikasini tahlil qilish.

Modelning aniqligi sezuvchanlik, o'ziga xoslik va F1-o'lchovi metrikalari yordamida baholandi.

Masofaviy monitoringni tashkil etish

Asosiy guruhda masofaviy kuzatuv tibbiy tasvirlar va klinik ma'lumotlarni real vaqt rejimida uzatishni ta'minlovchi teletibbiyot platformasi yordamida amalga oshirildi.

Bemorlar ambulator sharoitda rentgenografik tekshiruvdan o'tkazilib, so'ngra tasvirlar himoyalangan raqamli tizimga yuklandi. Olingan ma'lumotlar sun'iy intellekt yordamida avtomatik ravishda tahlil qilindi va davolovchi shifokorga uzatildi.

Shifokor tahlil natijalari, jumladan, miqdoriy ko'rsatkichlar va o'zgarishlar vizualizatsiyasidan foydalanish imkoniyatiga ega bo'ldi, bu esa quyidagilarga imkon berdi:

- kardioreabilitatsiya samaradorligini tezkor baholash;
- ahvol yomonlashuvi belgilarini aniqlash;
- terapiyaga o'z vaqtida tuzatish kiritish.

Ma'lumotlarga statistik ishlov berish

Statistik tahlil standart dasturiy paketlar yordamida o'tkazildi. Miqdoriy ma'lumotlar o'rtacha qiymat (M) va standart chetlanish (SD) ko'rinishida taqdim etildi.

Guruhlar o'rtasidagi farqlarni baholash uchun quyidagilar qo'llanildi:

- mustaqil to'plamlar uchun Studentning t-mezoni;
- sifatli ma'lumotlar uchun χ^2 (xi-kvadrat) mezoni;
- farqlar $p < 0,05$ darajasida statistik ahamiyatli deb topildi.

Natijalar

6 oylik prospektiv kuzatuv natijalariga ko'ra, bir qator klinik va instrumental ko'rsatkichlar bo'yicha asosiy va nazorat guruhlar o'rtasida statistik jihatdan sezilarli farqlar aniqlandi.

Raqamli rentgenografiya va sun'iy intellekt algoritmlaridan foydalangan holda masofaviy monitoring qo'llanilgan bemorlarning asosiy guruhida o'pka dimlanishi belgilarini aniqlash aniqligi an'anaviy rentgenogrammalarni talqin qilishga nisbatan 28% ga sezilarli darajada oshganligi qayd etildi ($p < 0,05$). Bu sun'iy intellektning tasvirlarni avtomatlashtirilgan tahlil qilish va subklinik o'zgarishlarni aniqlash imkoniyatlari bilan bog'liq.

Yurak o'lchamlarining kichrayishi va miokard remodellanishining ijobiy dinamikasini aks ettiruvchi kardiotorakal indeksning (KTI) pasayishi asosiy guruhdagi bemorlarning 61% kuzatilgan bo'lsa, nazorat guruhida bu ko'rsatkich atigi 38% tashkil etdi ($p < 0,05$).

Asosiy guruhda surunkali yurak yetishmovchiligi dekompensatsiyasi sababli takroriy hospitalizatsiyalar chastotasi 32% ga kamaydi, bu bemorlarning ahvolini yanada samarali nazorat qilish va terapiyani o'z vaqtida tuzatishdan dalolat beradi.

Bundan tashqari, sun'iy intellekt algoritmlarini qo'llash rentgenologik tasvirlarni tahlil qilish vaqtini rentgenolog shifokor tomonidan an'anaviy vizual baholashga nisbatan 2 baravardan ko'proq qisqartirish imkonini berganligi aniqlandi.

Shuni ta'kidlash kerakki, masofaviy monitoring salbiy klinik o'zgarishlarni (hansirashning kuchayishi, turg'unlik belgilarining kuchayishi) erta aniqlash imkonini berdi, bu esa dori-darmon terapiyasini tezda tuzatish va og'ir asoratlar rivojlanishining oldini olish imkonini berdi.

Shunday qilib, raqamli texnologiyalarni integratsiyalash kardioreabilitatsiya bosqichida surunkali yurak yetishmovchiligi bilan og'rigan bemorlarni kuzatish samaradorligida sezilarli afzallikni ko'rsatdi.

Muhokama

Olingan natijalar surunkali yurak yetishmovchiligi bo'lgan bemorlarda rentgen tasvirlarini tahlil qilishda sun'iy intellekt texnologiyalarini joriy etishning yuqori klinik ahamiyatini tasdiqlaydi. Tashxislash va turg'un o'zgarishlarni aniqlash aniqligini oshirish standart talqinda har doim ham ko'rinmaydigan minimal strukturaviy va interstitsial o'zgarishlarni aniqlashga qodir bo'lgan chuqur o'rganish algoritmlaridan foydalanish bilan bog'liq.

Asosiy guruhdagi bemorlarning sezilarli qismida kardiotorakal indeksning pasayishi yurak remodellanish jarayonlariga aniqroq va o'z vaqtida monitoring o'tkazishning ijobiy ta'siridan dalolat beradi. Bu sun'iy intellekt yordamida morfologik o'zgarishlarni muntazam baholash kardioreabilitatsiya samaradorligini nazorat qilishning ishonchli vositasi bo'lib xizmat qilishi mumkinligini tasdiqlaydi.

Qayta kasalxonaga yotqizish chastotasining sezilarli darajada kamayishi tadqiqotning asosiy klinik natijalaridan biridir. Buni dekompensatsiya belgilarini erta aniqlash va davolashni o'z vaqtida tuzatish imkoniyati bilan tushuntirish mumkin, bu esa kasallikning rivojlanishini oldini oladi.

Rentgenogrammalarni tahlil qilishni avtomatlashtirish ham tibbiyot xodimlariga yuklamani kamaytirishga va inson omili ta'sirini kamaytirishga yordam beradi. Bu, ayniqsa, sog'liqni saqlash tizimining yuqori yuklamasi va malakali mutaxassislar tanqisligi sharoitida muhimdir.

Xulosa

O'tkazilgan tadqiqot shuni ko'rsatadiki, sun'iy intellekt algoritmlari bilan birgalikda raqamli rentgenografiyadan foydalanish kardioreabilitatsiya bosqichida surunkali yurak yetishmovchiligi bo'lgan bemorlarni masofadan turib kuzatishning yuqori samarali vositasi hisoblanadi.

Ushbu yondashuv quyidagilarga yordam berishi isbotlangan:

- diagnostikaning aniqligi va xolisligini oshirish;
- tibbiy tasvirlarni tahlil qilishni tezlashtirish;
- dekompensatsiya belgilarini erta aniqlash;
- takroriy gospitalizatsiyalar chastotasini kamaytirish;
- klinik yechimlarni optimallashtirish va terapiyani individuallashtirish.

Teletibbiyot texnologiyalarining integratsiyalashuvi bemorlarni shifoxonadan tashqarida uzluksiz kuzatishni ta'minlaydi, bu esa ambulator davolash imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytiradi va tibbiy yordamdan foydalanish imkoniyatini oshiradi.

Shunday qilib, raqamli rentgenografiya, sun'iy intellekt va telemeditsinani kompleks qo'llash kardiologiyada kardioreabilitatsiya samaradorligini oshirish va surunkali yurak yetishmovchiligi bilan og'rigan bemorlarda uzoq muddatli prognozni yaxshilashga qaratilgan istiqbolli yo'nalishni shakllantiradi.

Keyingi tadqiqotlarning istiqbollari mashinali o'rganish algoritmlarini takomillashtirish, klinik ma'lumotlar bazasini kengaytirish, shuningdek, turli xil diagnostik usullarni sog'liqni saqlashning yagona raqamli ekotizimiga integratsiyalash bilan bog'liq.

Adabiyotlar ro'yxati:

1. Yakubov D.J., Akhrorov B.A. (2025). Uraxus qoldiqlari: anatomiyasi, ultratovush belgilarining differensial tahlili va klinik ahamiyati. *Healthway*, 1(3), 142-152. <https://doi.org/10.64411/f7vyk365>
2. Davranov I.I., Ergashpulotova S.X. (2025). The role of low-dose computed tomography in the early detection of lung cancer in high-risk patients. *Healthway*, 1(3), 161-171. <https://doi.org/10.64411/g4eas641>
3. Ametova A.S., Xurramova D.E. (2025). Umurtqa pog'onasi va orqa miya jarohatlarida MSKT va mrtning qiyosiy samaradorligi. *Healthway*, 1(3), 172-182. <https://doi.org/10.64411/2cgy0263>
4. Atayeva S.X., Isroilova D.D. (2025). Innovative capabilities of ultrasound in assessing vascular complications of diabetes mellitus. *Healthway*, 1(3), 183-190. <https://doi.org/10.64411/ejxmkp77>

5. Ravshanov Z.X., Hamrayev J.H. (2025). Ultratovush tekshiruvı orqali bolalar travmasini diagnostika qilishdagi ahamiyati. Healthway, 1(3), 191-200. <https://doi.org/10.64411/qe1dpg40>
6. Хамидов О.А., Усаров М.Ш., Равшанов З.Х. (2025). Бачадон касалликларининг ультратовуш диагностикаси асосида статистик ва морфологик таҳлили. Healthway, 1(3), 209217. <https://doi.org/10.64411/2x0ejw67>
7. Khamidov Obid Abdurakhmanovich and Gaybullaev Sherzod Obid ugli 2023. Telemedicine in oncology. Science and innovation. 3, 4 (Aug. 2023), 36–44.
8. Khamidov O. A., Gaybullaev S.O. (2024). The Advancements and Benefits of Radiology Telemedicine. Journal the Coryphaeus of Science, 6(1), 104–110. Retrieved from <http://jtcos.ru/index.php/jtcos/article/view/202>
9. Гайбуллаев Ш.О., Бекмуродов Ш.А. (2023). Обзор ультразвуковой диагностики рака печени: основные аспекты. Science and Innovation, 3(5), 216–229. Retrieved from <https://www.cyberlinka.ru/index.php/sai/article/view/43>
10. Khamidov OA, Khodzhanov IYu, Mamasoliev BM, Mansurov DSh, Davronov AA, Rakhimov AM The Role of Vascular Pathology in the Development and Progression of Deforming Osteoarthritis of the Joints of the Lower Extremities (Literature Review). Annals of the Romanian Society for Cell Biology, Romania. 2021;1(25):214 – 225
11. Khamidov OA, Mirzakulov MM, Ametova AS, Alieva UZ Multispiral computed tomography for prostate diseases. Central Asian journal of medical end natural sciences. 2021;2(2):9-11
12. Khamidov OA, Normamatov AF, Yakubov DZh, Bazarova SA Respiratory computed tomography. Central Asian journal of medical end natural sciences. 2021;2(2):1-8
13. Khamidov OA, Urozov UB, Shodieva NE, Akhmedov YA Ultrasound diagnosis of urolithiasis. Central Asian journal of medical end natural sciences. 2021;2(2):18-24