BOLALARDA YURAK BIOMARKERLARINI ELEKTROKIMYOVIY ANIQLASH NATIJALARIGA YOSHGA BOG‘LIQ FIZIOLOGIK OMILLAR VA BIOLOGIK NAMUNA MATRISASINING TA’SIRI

Narmetova Sevara Yangiboyevna

Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Farmakologiya kafedrasi o‘qituvchisi

Xudoyqulova Zahro Ixtiyor qizi., Jozilova Malika Adilboy qizi.,

Ujarova Umida Akrom qizi

Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Pediatriya fakulteti, 312-guruh talabalari

Annotatsiya

Bolalarda yurak biomarkerlarini elektrokimyoviy biosensorlar yordamida aniqlash natijalariga yoshga bog‘liq fiziologik omillar va biologik namuna matritsasining ta’siri tahlil qilinadi. Yurak troponini I (cTnI), yurak troponini T (cTnT) va N-terminal pro-B-tip natriuretik peptid (NT-proBNP) kabi biomarkerlarning klinik ahamiyati, ularning bolalik davrining turli bosqichlarida o‘zgarishi hamda laboratoriya natijalarini talqin qilishdagi muammolar yoritiladi. Shuningdek, qon zardobi, plazma va butun qonning elektrokimyoviy biosensorlar ko‘rsatkichlariga ta’siri, biologik matritsa bilan bog‘liq xalaqitlar, analitik sezgirlik va selektivlik masalalari ko‘rib chiqiladi. Adabiyotlar tahlili pediatriyada biomarker natijalarini baholashda yoshga mos me’yoriy oraliqlar, namuna turining bir xilligi va usulning analitik validatsiyasi muhim ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: pediatriya, yurak biomarkerlari, elektrokimyoviy biosensor, troponin I, troponin T, NT-proBNP, yoshga bog‘liq fiziologik omillar, biologik matritsa, analitik sezgirlik, laboratoriya diagnostikasi.

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТНЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И МАТРИЦЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗЦА НА РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕРДЕЧНЫХ БИОМАРКЕРОВ У ДЕТЕЙ

Нарметова Севара Янгибоевна

Самаркандский государственный медицинский университет, преподаватель кафедры фармакологии.

Жозилова Малика Адилбой кизи, Худойкулова Захро Ихтиёр кизи,
Ужарова Умида Акром кизи
Самаркандский государственный медицинский университет, факультет педиатрии, студентка группы 312.

Аннотация

В статье анализируется влияние возрастных физиологических факторов и матрицы биологического образца на результаты электрохимического определения сердечных биомаркеров у детей с использованием биосенсоров. Рассматриваются клиническое значение таких биомаркеров, как сердечный тропонин I (cTnI), сердечный тропонин T (cTnT) и N-концевой фрагмент предшественника мозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP), особенности изменения их концентраций на различных этапах детского возраста, а также проблемы интерпретации лабораторных результатов. Кроме того, рассматривается влияние сыворотки крови, плазмы и цельной крови на аналитические характеристики электрохимических биосенсоров, включая интерференцию компонентов биологической матрицы, аналитическую чувствительность и селективность. Анализ научной литературы показывает, что при оценке результатов определения биомаркеров в педиатрической практике важное значение имеют возрастные референсные интервалы, стандартизация типа биологического образца и аналитическая валидация метода.

Ключевые слова: педиатрия, сердечные биомаркеры, электрохимический биосенсор, тропонин I, тропонин T, NT-proBNP, возрастные физиологические факторы, биологическая матрица, аналитическая чувствительность, лабораторная диагностика.

THE INFLUENCE OF AGE-RELATED PHYSIOLOGICAL FACTORS AND BIOLOGICAL SAMPLE MATRIX ON THE RESULTS OF ELECTROCHEMICAL DETECTION OF CARDIAC BIOMARKERS IN CHILDREN

Narmetova Sevara Yangiboyevna
Samarkand State Medical University, Lecturer, Department of Pharmacology.
Xudoyqulova Zahro Ixtiyor qizi, Jozilova Malika Adilboy qizi
Ujarova Umida Akrom qizi
Samarkand State Medical University, Faculty of Pediatrics, Group 312 student.

Abstract

This article analyzes the influence of age-related physiological factors and biological sample matrix on the results of electrochemical detection of cardiac biomarkers in children using biosensors. It discusses the clinical significance of biomarkers such as cardiac troponin I (cTnI), cardiac troponin T (cTnT), and N-terminal pro-B-type natriuretic peptide (NT-proBNP), their variations across different stages of childhood, and the challenges associated with interpreting laboratory results. The effects of blood serum, plasma, and whole blood on the analytical performance of electrochemical biosensors are also examined, including matrix-related interferences, analytical sensitivity, and selectivity. The literature review indicates that age-specific reference intervals, standardization of biological sample types, and analytical validation of the method are essential for evaluating biomarker results in pediatric practice.

Keywords: pediatrics, cardiac biomarkers, electrochemical biosensor, troponin I, troponin T, NT-proBNP, age-related physiological factors, biological matrix, analytical sensitivity, laboratory diagnostics.

Kirish

Yurak-qon tomir tizimi kasalliklarini erta aniqlash, yurak mushagi shikastlanishini baholash va davolash samaradorligini kuzatishda biomarkerlar muhim diagnostik ahamiyatga ega. Yurak troponinlari va natriuretik peptidlar zamonaviy klinik laboratoriya amaliyotida keng qo‘llaniladigan biomarkerlar qatoriga kiradi. Ularning konsentratsiyasi yurak mushagi shikastlanishi, yurak

faoliyatiga tushadigan yuklama va ayrim patologik holatlar haqida muhim ma’lumot berishi mumkin [1, 2].

Bolalarda yurak biomarkerlarini aniqlash kattalardagi laboratoriya tekshiruvlaridan ayrim jihatlari bilan farq qiladi. Chunki bola organizmi tug‘ilishdan boshlab o‘sish va rivojlanishning turli bosqichlaridan o‘tadi. Yangi tug‘ilgan chaqaloqlar, go‘daklar, maktab yoshidagi bolalar va o‘smirlarda ayrim biomarkerlarning fiziologik konsentratsiyasi bir xil bo‘lmasligi mumkin. Shu sababli kattalar uchun belgilangan me’yoriy ko‘rsatkichlarni bolalarga to‘g‘ridan-to‘g‘ri qo‘llash noto‘g‘ri klinik xulosalarga olib kelishi ehtimoli mavjud [1, 2].

So‘nggi yillarda elektrokimyoviy biosensorlar biomarkerlarni tezkor, sezgir va nisbatan kam hajmdagi biologik namunalarda aniqlash imkoniyatlari tufayli ilmiy qiziqish uyg‘otmoqda. Bunday qurilmalar elektrod yuzasida yuz beradigan fizik-kimyoviy jarayonlarni elektr signaliga aylantirish orqali analit miqdorini baholashga imkon beradi. Biroq biosensorning laboratoriya sharoitidagi yuqori analitik ko‘rsatkichlari uning bolalar qon namunalarida ham bir xil aniqlikda ishlashini avtomatik ravishda anglatmaydi. Yoshga bog‘liq biologik farqlar va namuna matritsasining xususiyatlari o‘lchash natijalariga ta’sir ko‘rsatishi mumkin [3, 4]. Shu nuqtayi nazardan, pediatriyada yurak biomarkerlarini elektrokimyoviy aniqlashda fiziologik omillar va biologik namuna matritsasining rolini birgalikda o‘rganish dolzarb ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Tadqiqotning maqsadi

Bolalarda yurak biomarkerlarini elektrokimyoviy biosensorlar yordamida aniqlash natijalariga yoshga bog‘liq fiziologik omillar va biologik namuna matritsasining ta’sirini ilmiy adabiyotlar asosida tahlil qilish hamda pediatrik laboratoriya diagnostikasida natijalarning ishonchliligini oshirishga qaratilgan asosiy yondashuvlarni yoritish.

Tadqiqot materiallari va usullari

Mazkur maqola bolalarda yurak biomarkerlarini elektrokimyoviy biosensorlar yordamida aniqlash natijalariga yoshga bog‘liq fiziologik omillar va biologik namuna matritsasining ta’sirini o‘rganishga qaratilgan ilmiy adabiyotlarning

tahliliy sharhi shaklida tayyorlandi. Tadqiqotning metodologik asosini pediatrik laboratoriya diagnostikasi, yurak biomarkerlarining klinik ahamiyati, elektrokimyoviy tahlil usullari va biologik namunalarning fizik-kimyoviy xususiyatlariga oid ilmiy ma’lumotlarni tizimli ravishda o‘rganish tashkil etdi.

Adabiyotlarni tahlil qilishda yurak biomarkerlarini aniqlashning zamonaviy usullari, ularning analitik imkoniyatlari va pediatriya amaliyotida qo‘llash bilan bog‘liq muammolarni yorituvchi ilmiy nashrlarning mazmuniga e’tibor qaratildi. Asosiy e’tibor yurak troponini I (cTnI), yurak troponini T (cTnT) va N-terminal pro-B-tip natriuretik peptid (NT-proBNP) biomarkerlariga qaratildi. Ushbu biomarkerlar yurak mushagi shikastlanishini baholash, yurak faoliyatidagi o‘zgarishlarni aniqlash va ayrim yurak-qon tomir kasalliklarining diagnostik jarayonida muhim ahamiyatga ega.

Tadqiqot davomida ilmiy ma’lumotlar quyidagi asosiy yo‘nalishlar bo‘yicha tahlil qilindi.

1. Yurak biomarkerlarining klinik ahamiyati va yoshga bog‘liq fiziologik o‘zgarishlar. Bolalarda cTnI, cTnT va NT-proBNP ko‘rsatkichlarining turli yosh davrlarida o‘zgarishi, ularning fiziologik va patologik holatlar bilan bog‘liqligi o‘rganildi. Yangi tug‘ilgan chaqaloqlar, go‘daklar, maktab yoshidagi bolalar va o‘smirlarda biomarker natijalarini baholashda yoshga mos referens oraliqlardan foydalanish zarurligi tahlil qilindi. Shuningdek, yosh va jins bilan bog‘liq biologik farqlarni laboratoriya natijalarini talqin qilishda hisobga olish masalalariga e’tibor berildi.

2. Biologik namuna matritsasining tahlil natijalariga ta’siri. Qon zardobi, plazma va butun qonning tarkibiy hamda fizik-kimyoviy xususiyatlari o‘rganildi. Ushbu namuna turlarida mavjud bo‘lgan oqsillar, elektrolitlar, lipidlar va hujayraviy komponentlarning elektrod yuzasidagi jarayonlarga, analitning tashilishiga hamda elektr signalining shakllanishiga ehtimoliy ta’siri tahlil qilindi. Bundan tashqari, biologik matritsa bilan bog‘liq xalaqitlar, jumladan, elektrod yuzasida oqsillarning nospetsifik adsorbsiyasi, fon signalining o‘zgarishi va o‘lchash natijalarining takrorlanuvchanligiga ta’sir etuvchi omillar ko‘rib chiqildi.

3. Elektrokimyoviy biosensorlarning ishlash tamoyillari va analitik xususiyatlari. Yurak biomarkerlarini aniqlashda qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan amperometrik, voltammetrik va elektrokimyoviy impedans spektroskopiyasi usullarining nazariy asoslari tahlil qilindi. Ushbu usullarning biomarkerlarni aniqlash tezligi, kichik hajmdagi namunalar bilan ishlash imkoniyati va sezgirligi kabi afzalliklari bilan bir qatorda, biologik matritsa ta’siri va nospetsifik elektrokimyoviy jarayonlar bilan bog‘liq cheklovlari ham ko‘rib chiqildi.

4. Analitik validatsiya va o‘lchash natijalarining ishonchliligi. Biosensorlarning analitik samaradorligini baholashda muhim bo‘lgan sezgirlik, selektivlik, aniqlash chegarasi, miqdoriy aniqlash chegarasi, chiziqli ish diapazoni, takrorlanuvchanlik va matritsa ta’siri kabi ko‘rsatkichlarning ahamiyati o‘rganildi. Shuningdek, biosensor natijalarini an’anaviy laboratoriya usullari bilan taqqoslash, biologik namuna turini standartlashtirish va usulning mo‘ljallangan qo‘llanish sharoitida validatsiyadan o‘tkazish zarurligi tahlil qilindi.

5. Laboratoriya natijalarini klinik talqin qilish. Yurak biomarkerlarining miqdoriy ko‘rsatkichlarini baholashda bolaning yoshi, klinik holati, foydalanilgan analitik usul va tegishli referens oraliqlarni birgalikda hisobga olish masalalari ko‘rib chiqildi. Biomarker miqdoridagi o‘zgarishlarni faqat bitta laboratoriya ko‘rsatkichi asosida talqin qilishning cheklovlari yoritildi. Shuningdek, analitik xatoliklarni biologik o‘zgaruvchanlikdan farqlash va olingan natijalarni boshqa klinik ma’lumotlar bilan birgalikda baholashning ahamiyati asoslandi.

Tahlil jarayonida ilmiy ma’lumotlarni mazmuniy taqqoslash, umumlashtirish va qiyosiy tahlil qilish yondashuvlaridan foydalanildi. Turli ilmiy manbalarda keltirilgan ma’lumotlar tadqiqot mavzusiga muvofiq guruhlandi hamda pediatrik diagnostikada yoshga bog‘liq fiziologik omillar va biologik namuna matritsasining ahamiyatini ochib berish nuqtayi nazaridan umumlashtirildi.

Mazkur ishning metodologik cheklovi shundaki, unda yangi klinik kuzatuvlar, bemorlardan olingan biologik namunalar tahlili yoki mustaqil laboratoriya tajribalari o‘tkazilmagan. Shu sababli maqolada yangi eksperimental natijalar yoki statistik ko‘rsatkichlar keltirilmaydi. Taqdim etilgan xulosalar tahlil qilingan ilmiy

adabiyotlar va laboratoriya tahlilining umumiy tamoyillariga asoslanadi. Ushbu yondashuv mavzu bo‘yicha mavjud bilimlarni umumlashtirish, asosiy analitik muammolarni aniqlash va kelgusidagi tadqiqotlar uchun istiqbolli yo‘nalishlarni belgilash imkonini beradi.

Natijalar va muhokama

1. Bolalarda yurak biomarkerlarining yoshga bog‘liq xususiyatlari

Yurak biomarkerlarining diagnostik qiymati nafaqat ularning miqdoriga, balki bemorning yoshi, fiziologik holati va klinik vaziyatiga ham bog‘liq. Pediatrik laboratoriya diagnostikasida ayniqsa yurak troponinlari va natriuretik peptidlar muhim o‘rin tutadi.

Yurak troponini I va T. Troponin I va troponin T yurak mushagi qisqarish mexanizmi bilan bog‘liq oqsillar bo‘lib, yurak mushagi hujayralari shikastlanganda qonda aniqlanishi mumkin. Yuqori sezgirlikdagi troponin tahlillari yurak miokardining shikastlanishini aniqlashda muhim ahamiyatga ega. Biroq bolalarda troponin miqdori yoshga qarab o‘zgaradi. Ilmiy manbalarda yangi tug‘ilgan chaqaloqlarda troponin konsentratsiyasi yuqoriroq bo‘lishi, keyingi rivojlanish davrlarida esa pasayishi mumkinligi qayd etilgan [1, 2].

Troponin natijalariga tug‘ilishdan keyingi fiziologik moslashuv, gestatsion yosh, jins, jismoniy faollik va yurak bilan bog‘liq kasalliklar ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli biomarkerning yuqori natijasi har doim ham bir xil klinik sababni anglatmaydi. Natijani bolaning yoshi, klinik belgilari, boshqa tekshiruvlar va qo‘llanilgan analitik usul bilan birgalikda baholash lozim.

NT-proBNP. NT-proBNP yurak devorlariga tushadigan yuklama va yurak faoliyatidagi o‘zgarishlarni baholashda qo‘llaniladigan biomarkerdir. Uning konsentratsiyasi ham yoshga va fiziologik holatga bog‘liq ravishda o‘zgarishi mumkin. Yangi tug‘ilgan davr va keyingi bolalik bosqichlaridagi natijalarni yagona me’yor asosida baholash cheklovlarga ega. Shu sababli pediatrik bemorlarda yoshga mos referens oraliqlardan foydalanish muhim hisoblanadi [1].

Yoshga bog‘liq fiziologik farqlar biosensor natijalarining talqiniga ikki yo‘l bilan ta’sir qilishi mumkin. Birinchidan, bolaning organizmida biomarkerning

haqiqiy fiziologik konsentratsiyasi o‘zgaradi. Ikkinchidan, klinik jihatdan muhim bo‘lgan past konsentratsiyalarni aniqlash talabi biosensorning sezgirligiga va o‘lchash chegarasiga yuqori talab qo‘yadi.

Shunday qilib, bolalarda biomarkerlarni aniqlashda faqat analitik signalning kattaligini baholash yetarli emas. Signalning biologik ma’nosi bolaning yoshiga mos klinik mezonlar bilan solishtirilishi kerak.

2. Biologik namuna matritsasining elektrokimyoviy biosensorlarga ta’siri

Biologik namuna matritsasi — aniqlanayotgan biomarkerdan tashqari, uning tarkibida mavjud bo‘lgan oqsillar, tuzlar, lipidlar, hujayralar va boshqa moddalar majmuasidir. Qon zardobi, plazma va butun qon tarkibi hamda fizik-kimyoviy xususiyatlari bilan farqlanadi. Ushbu farqlar biosensor yuzasida sodir bo‘ladigan jarayonlarga va elektr signalining shakllanishiga ta’sir qilishi mumkin.

Qon zardobi. Qon iviganidan keyin ajratib olinadigan zardob ko‘plab laboratoriya tekshiruvlarida ishlatiladi. Uning tarkibiy xususiyatlari elektrod yuzasida oqsillarning adsorbsiyasi va biomolekulalarning bog‘lanish jarayonlariga ta’sir qilishi mumkin.

Qon plazmasi. Plazma antikoagulyant yordamida ivishining oldi olingan qondan olinadi. Antikoagulyant turi va uning konsentratsiyasi ayrim analitik usullarning natijalariga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli bir biomarker uchun turli namuna turlaridan olingan natijalarni o‘zaro taqqoslashdan oldin usulning mosligi tekshirilishi kerak [5].

Butun qon. Butun qon tarkibida eritrotsitlar, leykotsitlar va trombotsitlar mavjud. Hujayralar, gematokrit ko‘rsatkichi, qonning yopishqoqligi va boshqa omillar elektrokimyoviy o‘lchash jarayonini murakkablashtirishi mumkin. Bunday muammolar ayniqsa kichik hajmdagi namunada tezkor tahlil o‘tkazishga mo‘ljallangan biosensorlarda ahamiyatlidir [3].

Elektrokimyoviy biosensorlarda biologik matritsaning ta’siri bir necha mexanizm orqali namoyon bo‘ladi:

Elektrod yuzasining ifloslanishi (biofouling): oqsillar va boshqa biomolekulalar elektrod yuzasiga adsorbsiyalanib, elektron almashinuvi yoki biomolekulyar tanib olish jarayonini cheklashi mumkin.

Elektrokimyoviy xalaqitlar: biologik suyuqlikdagi elektrokimyoviy faol moddalar maqsadli analitga tegishli signal bilan qisman ustma-ust tushishi mumkin.

Massani tashishdagi o‘zgarishlar: namunaning yopishqoqligi va tarkibi analitning elektrod yuzasiga yetib borish tezligiga ta’sir qilishi mumkin.

Biologik bog‘lanishning o‘zgarishi: oqsillar va boshqa komponentlar biosensorning tanib olish elementiga kirishni cheklashi yoki maqsadli molekulaning bog‘lanish xususiyatlarini o‘zgartirishi mumkin.

Ushbu omillar o‘lchash signalining pasayishi, ortishi yoki takrorlanuvchanligining yomonlashishiga olib kelishi mumkin. Shuning uchun elektrod materialining yuqori sezgirligi haqidagi natijalar real biologik namunada tekshirilishi lozim.

3. Elektrokimyoviy biosensorlarning ishlash tamoyillari va analitik imkoniyatlari

Elektrokimyoviy biosensorlar biologik tanib olish elementi va signalni qayd qiluvchi elektrod tizimidan tashkil topadi. Biologik tanib olish elementi sifatida antitana, aptamer yoki boshqa selektiv biomolekulyar elementlardan foydalanilishi mumkin. Maqsadli biomarkerning ushbu element bilan o‘zaro ta’siri elektr signalidagi o‘zgarish orqali aniqlanadi [4].

Yurak biomarkerlarini aniqlashda quyidagi elektrokimyoviy yondashuvlar qo‘llanilishi mumkin:

Amperometriya. Elektrod potensiali nazorat qilingan sharoitda tok kuchining o‘zgarishi o‘lchanadi. Ushbu usul tezkor o‘lchash uchun qulay bo‘lishi mumkin, biroq namunaning elektrokimyoviy faol komponentlari xalaqit berishi ehtimoli mavjud.

Voltammetriya. Elektrod potensiali o‘zgartirilganda tokning potensialga bog‘liqligi qayd etiladi. Usul elektrokimyoviy jarayonlarni o‘rganish va ayrim biosensorlarning analitik signalini baholashda qo‘llaniladi.

Elektrokimyoviy impedans spektroskopiyasi (EIS). Elektrod tizimining o‘zgaruvchan elektr signaliga javobi turli chastotalarda o‘rganiladi. Biosensor yuzasida biomolekulyar bog‘lanish sodir bo‘lganda zaryad uzatish qarshiligi va boshqa elektr parametrlar o‘zgarishi mumkin.

Ushbu usullarning har biri o‘z afzalliklari va cheklovlariga ega. Amaliy tanlov aniqlanadigan biomarker, kerakli konsentratsiya diapazoni, namuna turi, tahlil vaqti va qurilmaning ishlash sharoitlariga bog‘liq.

Pediatriyada kam hajmdagi biologik namuna bilan ishlash imkoniyati alohida ahamiyatga ega. Biroq kichik hajmda o‘lchashning o‘zi natijaning ishonchliligini kafolatlamaydi. Biosensorning aniqlash chegarasi, miqdoriy aniqlash chegarasi, selektivligi, takrorlanuvchanligi va matritsa ta’siriga chidamliligi tegishli tekshiruvlar bilan tasdiqlanishi kerak.

4. Yoshga bog‘liq fiziologik omillar va matritsa ta’sirining o‘zaro bog‘liqligi

Yoshga bog‘liq fiziologik o‘zgarishlar bilan biologik matritsa ta’sirini alohida ko‘rib chiqish mumkin bo‘lsa-da, klinik diagnostikada ular birgalikda namoyon bo‘ladi.

Masalan, yangi tug‘ilgan chaqaloq va o‘smirda bir xil biomarker konsentratsiyasi bir xil klinik ma’noga ega bo‘lmasligi mumkin. Shu bilan birga, turli yoshdagi bemorlardan olingan qon namunalarining fizik-kimyoviy xususiyatlari ham bir xil bo‘lishi shart emas. Demak, o‘lchash natijasidagi farqning qaysi qismi biomarkerning haqiqiy konsentratsiyasiga, qaysi qismi analitik xalaqitlarga bog‘liqligini aniqlash muhimdir.

Bu muammoni hal qilish uchun biosensorlarni ishlab chiqish va baholashda bir necha yo‘nalishga e’tibor qaratish lozim:

Yosh guruhlarini hisobga olish. Biomarkerning fiziologik o‘zgarishi va klinik referens oraliqlari yoshga mos ravishda baholanishi kerak.

Namuna turini standartlashtirish. Qon zardobi, plazma yoki butun qondan foydalanish tartibi aniq belgilanishi va ketma-ket o‘lchashlarda namuna turlarini asossiz almashtirishga yo‘l qo‘yilmasligi kerak.

Matritsada validatsiya o‘tkazish. Biosensor faqat bufer eritmada emas, balki foydalanish ko‘zda tutilgan biologik namunalarda ham tekshirilishi lozim.

Analitik ko‘rsatkichlarni baholash. Sezgirlik, selektivlik, chiziqli diapazon, aniqlash chegarasi, takrorlanuvchanlik va biomarkerning qayta aniqlanish darajasi o‘rganilishi kerak.

Klinik natijalarni ehtiyotkorlik bilan talqin qilish. Biosensor signali klinik tashxisning o‘zi emas; u bemorning yoshi, simptomlari va boshqa tekshiruvlar bilan birgalikda baholanadi.

Pediatrik yurak biomarkerlari bo‘yicha ilmiy adabiyotlarda yoshga mos referens oraliqlar va tahlil usullari o‘rtasidagi farqlar natijalarni taqqoslashni murakkablashtirishi qayd etilgan [1, 2]. Shuning uchun yangi elektrokimyoviy biosensorlarni klinik amaliyotga joriy etishdan oldin ularning an’anaviy laboratoriya usullari bilan taqqoslanishi va klinik qo‘llash uchun yaroqliligi baholanishi zarur.

5. Pediatrik laboratoriya diagnostikasini takomillashtirish istiqbollari

Elektrokimyoviy biosensorlarning rivojlanishi yurak biomarkerlarini tezkor aniqlash, qurilmalarni ixchamlashtirish va laboratoriyadan tashqarida tekshiruv o‘tkazish imkoniyatlarini kengaytirishi mumkin. Bunday texnologiyalar, ayniqsa, namuna olish hajmini kamaytirish va tahlil natijasini qisqa vaqtda olish zarur bo‘lgan holatlarda istiqbolli hisoblanadi.

Shu bilan birga, pediatrik diagnostikada bir qator masalalar hal etilishi lozim. Birinchidan, biosensorning analitik xususiyatlari bolalarda uchraydigan biomarker konsentratsiyalariga mos bo‘lishi kerak. Ikkinchidan, namuna matritsasining ta’siri har bir platforma uchun alohida tekshirilishi zarur. Uchinchidan, turli yosh guruhlarida olingan natijalarni klinik jihatdan to‘g‘ri talqin qilish uchun ishonchli referens ma’lumotlar talab etiladi.

Kelgusidagi tadqiqotlarda bir xil namuna asosida elektrokimyoviy biosensor va tasdiqlangan laboratoriya usuli natijalarini taqqoslash, yosh guruhlari bo‘yicha analitik xususiyatlarni baholash hamda namuna matritsasi sababli yuzaga keladigan sistematik xatolarni aniqlash maqsadga muvofiq. Bunday tadqiqotlar

biosensorning texnik imkoniyatlari bilan klinik ehtiyojlar o‘rtasidagi bog‘liqlikni yaxshiroq tushunishga yordam beradi.

Xulosa

Adabiyotlar tahlili bolalarda yurak biomarkerlarini elektrokimyoviy biosensorlar yordamida aniqlashda yoshga bog‘liq fiziologik omillar va biologik namuna matritsasini hisobga olish muhimligini ko‘rsatadi. Yurak troponinlari va NT-proBNP miqdori bolalik davrining turli bosqichlarida o‘zgarishi mumkin. Shu sababli natijalarni kattalar uchun belgilangan me’yorlar asosida baholash yoki yoshga mos klinik ma’lumotlarni hisobga olmaslik noto‘g‘ri talqinga olib kelishi mumkin. Qon zardobi, plazma va butun qonning tarkibiy farqlari elektrod yuzasidagi jarayonlarga, elektr signaliga va biosensorning analitik ko‘rsatkichlariga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shuning uchun har bir biosensor mo‘ljallangan biologik namuna turida tekshirilishi, uning analitik xususiyatlari validatsiya qilinishi va natijalari mos laboratoriya usuli bilan taqqoslanishi lozim. Xulosa qilib aytganda, pediatrik amaliyotda elektrokimyoviy biosensorlardan ishonchli foydalanish uchun yoshga mos referens oraliqlar, biologik matritsaning ta’siri, analitik validatsiya va klinik talqin mezillarini birgalikda hisobga olish zarur. Ushbu yondashuv yurak biomarkerlarini aniqlashning aniqligi va klinik ahamiyatini oshirishga xizmat qilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1.Šimundić A. M. va boshqalar. Cardiac Markers in Pediatric Laboratory Medicine: Critical Review. Diagnostics. 2025;15(2):165. DOI: https://doi.org/10.3390/diagnostics15020165.

2.Current and Future Indication for Testing and Use of Cardiac Troponin in Children. Clinical Chemistry. 2026;72(6):625–640. DOI: https://doi.org/10.1093/clinchem/hvag021.

3.Electrochemical Biosensors for Whole Blood Analysis: Recent Progress, Challenges, and Future Perspectives. Chemical Reviews. 2023;123(12):7953–8039. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.1c00759.

4.Electrochemical detection strategies for cardiovascular disease biomarkers: Applications in troponin I and troponin T assays. International Journal of Electrochemical Science. 2024;19(8):100675. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijoes.2024.100675.

5.Cardiac Biomarkers. StatPearls [Internet]. NCBI Bookshelf. Biologik namuna turi va uni tayyorlash bilan bog‘liq omillar haqidagi bo‘lim. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545216/.