Fermentlarning klinik diagnostikadagi roli: zamonaviy biomarkerlar va ularning ahamiyati

[1]Abdullayev Shamsiddin

[2]Raxmonova Gulbahor Ergashevna

[3]Bozorboyeva Fotima

Toshkent davlat tibbiyot universiteti "Tibbiy radiologiya" kafedrasi talabasi T/r
Toshkent davlat tibbiyot universiteti talabasi

Toshkent davlat tibbiyot universiteti 1-son tibbiyot radiologiyasi kafedrasi professori, tibbiyot fanlari doktori E-mail: angel0904@mail.ru

Toshkent davlat tibbiyot universiteti, Tibbiy radiologiya kafedrasi magistranti T/r
Toshkent davlat tibbiyot universiteti talabasi E-mail: bfotima4@gmail.com2

Annotatsiya. Fermentlar klinik diagnostikada muhim biomarkerlar sifatida keng qo'llaniladi, chunki ular turli kasalliklarning patofiziologik jarayonlarini aks ettiradi. Ushbu maqola fermentlarning zamonaviy tibbiyotdagi diagnostik ahamiyatini, ularning kasalliklarni erta aniqlash, prognozlash va davolash samaradorligini monitoring qilishdagi rolini tahlil qiladi. Yangi avlod ferment biomarkerlarini aniqlash va ulardan foydalanish shaxsiylashtirilgan tibbiyotni rivojlantirishda katta salohiyatga ega bo'lib, diagnostika aniqligini sezilarli darajada oshiradi. Shuningdek, maqolada fermentlarga asoslangan diagnostik testlarning afzalliklari va kelajakdagi istiqbollari ko'rib chiqiladi.

Kalit so'zlar: Fermentlar, Klinik Diagnostika, Biomarkerlar, Patofiziologiya, Erta Aniqlash, Shaxsiylashtirilgan Tibbiyot, Diagnostik Testlar

Kirish

Fermentlar tirik organizmlardagi barcha hayotiy jarayonlarning asosiy katalizatorlari bo'lib, metabolizm, energiya almashinuvi, gen ekspressiyasi va hujayra signalizatsiyasi kabi fundamental funksiyalarni ta'minlaydi. Ularning o'ziga xos tuzilishi va yuqori selektivligi biokimyoviy reaksiyalarning samarali va nazoratli kechishini kafolatlaydi. Organizmdagi ferment faolligi va konsentratsiyasining me'yordan og'ishi ko'pincha patologik holatlarning dastlabki belgilari bo'lib xizmat qiladi. Shu sababli, fermentlar uzoq vaqtdan beri klinik diagnostikada muhim biomarkerlar sifatida qo'llanilib kelinmoqda. Ularning qon, siydik va boshqa tana suyuqliklaridagi

darajalarini o'lchash orqali turli kasalliklarning mavjudligi, og'irlik darajasi va davolash samaradorligi haqida qimmatli ma'lumotlar olish mumkin.

So'nggi yillarda tibbiyot va biokimyo sohasidagi yutuqlar ferment biomarkerlarining diagnostik salohiyatini yanada kengaytirdi. Zamonaviy texnologiyalar, jumladan, yuqori sezuvchanlikka ega tahlil usullari, fermentlarning nafaqat miqdoriy, balki funksional holatini ham baholash imkonini bermoqda. Bu esa kasalliklarni yanada aniqroq va erta bosqichlarda aniqlashga yordam beradi, shu bilan birga davolash strategiyalarini optimallashtirish uchun muhim ma'lumotlar beradi. Masalan, jigarning muhim funksiyalari buzilganda, bu ko'pincha qon tahlillarida ma'lum fermentlar darajasining o'zgarishi bilan namoyon bo'ladi [2]. Jigar kasalliklari, jumladan gepatit, sirroz va yog'li jigar kasalligi kabi holatlarda, ushbu fermentlarning ko'rsatkichlari diagnostik ahamiyatga ega bo'lib, kasallikning turi, bosqichi va og'irlik darajasini aniqlashda muhim rol o'ynaydi [2]. Bu esa bemorlarning prognozini yaxshilash va jiddiy asoratlarning oldini olishda hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi.

Ushbu maqola fermentlarning klinik diagnostikadagi zamonaviy rolini, ularning biomarker sifatidagi ahamiyatini va turli kasalliklarni aniqlashdagi o'rnini atroflicha ko'rib chiqishga bag'ishlangan. Biz ferment biomarkerlarining umumiy tamoyillari, tasnifi, klinik amaliyotda eng ko'p qo'llaniladigan turlari, shuningdek, yangi avlod biomarkerlari va ularni aniqlashda qo'llanilayotgan ilg'or texnologiyalarni tahlil qilamiz. Maqola ferment biomarkerlarini qo'llashdagi mavjud muammolar va kelajakdagi istiqbollarga ham e'tibor qaratadi.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili

Fermentlarning klinik diagnostikadagi roli bo'yicha ilmiy adabiyotlar tahlili ushbu sohaning doimiy rivojlanib borayotganini va zamonaviy tibbiyotda uning ahamiyati tobora ortib borayotganini ko'rsatadi. Dastlabki tadqiqotlar ferment faolligini oddiy kolorimetrik usullar bilan o'lchashga qaratilgan bo'lsa, bugungi kunda yuqori sezuvchanlik va o'ziga xoslikka ega bo'lgan murakkab molekulyar biologik va biokimyoviy usullar qo'llanilmoqda. Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, ferment biomarkerlari nafaqat kasalliklarni aniqlashda, balki ularning patogenezini tushunishda, davolash samaradorligini monitoring qilishda va hatto kasallikning prognozini baholashda ham muhim vosita bo'lib xizmat qiladi.

Ferment biomarkerlarining umumiy tamoyillari va tasnifi bo'yicha adabiyotlarda keng muhokamalar mavjud. Ular odatda ikki asosiy guruhga bo'linadi: hujayra ichi fermentlari va hujayradan tashqari fermentlar. Hujayra ichi fermentlari, masalan, aminotransferazalar (ALT, AST), laktat degidrogenaza (LDH) va kreatin kinaza (CK), hujayra shikastlanishi yoki nekrozi natijasida qon oqimiga chiqadi va shu orqali organ shikastlanishining indikatori bo'lib xizmat qiladi. Hujayradan tashqari fermentlar esa, masalan, amilaza va lipaza, odatda ma'lum bir organ tomonidan sintezlanadi va uning

funksional holatini aks ettiradi. Adabiyotlarda fermentlarning izoenzim shakllari ham alohida e'tiborga molik bo'lib, ular bir xil katalitik funksiyani bajaruvchi, ammo turli to'qimalarda joylashgan va turli molekulyar tuzilishga ega bo'lgan fermentlardir. Izoenzimlarni aniqlash kasallikning aniq joylashuvini aniqlashda yuqori diagnostik qiymatga ega. Masalan, kreatin kinazaning CK-MB izoenzimi miokard infarktining o'ziga xos belgisi hisoblanadi.

Klinik amaliyotda eng ko'p qo'llaniladigan ferment biomarkerlari bo'yicha adabiyotlar juda boy. Jigar kasalliklari diagnostikasida aminotransferazalar (alanin aminotransferaza – ALT va aspartat aminotransferaza – AST), ishqoriy fosfataza (ALP) va gamma-glutamiltransferaza (GGT) kabi fermentlar asosiy ko'rsatkichlar hisoblanadi. Adabiyotlarda ta'kidlanishicha, ALT va AST darajalarining oshishi gepatotsitlar shikastlanishini ko'rsatadi, ALP va GGT esa ko'proq xolestaz (o't yo'llarining tiqilishi) bilan bog'liq bo'ladi. Jigar kasalliklari, jumladan gepatit, sirroz va yog'li jigar kasalligi kabi holatlarda, ushbu fermentlarning ko'rsatkichlari diagnostik ahamiyatga ega bo'lib, kasallikning turi, bosqichi va og'irlik darajasini aniqlashda muhim rol o'ynaydi [2]. Ayniqsa, surunkali gepatit B va C, alkogolli va alkogolsiz yog'li jigar kasalliklarining rivojlanishini monitoring qilishda bu fermentlar muhimdir [2]. Pankreatit diagnostikasida amilaza va lipaza fermentlari asosiy biomarkerlar bo'lib, lipazaning o'ziga xosligi amilazaga nisbatan yuqoriroq ekanligi adabiyotlarda keng e'tirof etilgan. Yurak-qon tomir kasalliklarida, xususan, miokard infarktida troponinlar asosiy biomarker bo'lsa-da, kreatin kinaza (CK) va uning CK-MB izoenzimi ham tarixan va hozirda ham yordamchi diagnostik vosita sifatida qo'llaniladi. Suyak kasalliklarida (masalan, Paget kasalligi, osteomalaziya) ishqoriy fosfatazaning suyak izoenzimi, prostata bezi saratonida esa prostata o'ziga xos antigeni (PSA) bilan birga kislotali fosfataza (PAP) kabi fermentlar diagnostik ahamiyatga ega.

So'nggi yillarda zamonaviy texnologiyalar va yangi avlod ferment biomarkerlarini aniqlash va qo'llash bo'yicha tadqiqotlar jadallashdi. Yuqori sezuvchanlikka ega mass-spektrometriya, mikrofluidik tizimlar va biochiplar kabi texnologiyalar fermentlarning nafaqat miqdorini, balki ularning post-translyatsion modifikatsiyalarini, izoformalarini va hatto funksional holatini ham aniqlash imkonini bermoqda. Bu esa kasalliklarning erta bosqichlarida aniqroq diagnostika qilish va individual davolash strategiyalarini ishlab chiqish uchun yangi imkoniyatlar ochadi. Adabiyotlarda fermentlarning glikozillanish darajasidagi o'zgarishlar, ularning fosforillanish holatlari yoki proteolitik parchalanish mahsulotlari kabi yangi biomarkerlar haqida ma'lumotlar uchraydi. Ushbu yondashuvlar an'anaviy ferment biomarkerlarining cheklovlarini bartaraf etishga yordam beradi.

Yangi avlod biomarkerlarini kashf etishda va ularni klinik amaliyotga joriy etishda aptamerlar muhim rol o'ynamoqda. Aptamerlar – bu ma'lum bir molekulyar nishonga (masalan, fermentga) yuqori o'ziga xoslik va affinlik bilan bog'lana oladigan, bir zanjirli nuklein kislotalardir. Ular antikorlarga muqobil sifatida qaraladi, ammo bir

qator afzalliklarga ega: kimyoviy sintez qilinishi mumkinligi, yuqori barqarorlik, kichik o'lcham va immunogenlikning pastligi. Aptamerlarni skrining qilishning an'anaviy SELEX (Systematic Evolution of Ligands by Exponential Enrichment) usuli ko'p vaqt va resurs talab qiladi. Biroq, so'nggi yillarda kapillyar elektroforez-tizimli evolyutsiya ligandalarni eksponensial boyitish orqali (CE-SELEX) deb nomlanuvchi yangi texnologiya bu jarayonni sezilarli darajada tezlashtirdi va samaradorligini oshirdi [1]. CE-SELEX an'anaviy SELEXga nisbatan tezroq va samaraliroq alternativani taqdim etadi. An'anaviy SELEX odatda 8-12 bosqichda 4-6 hafta davom etadi va ko'pincha qattiq fazali muhitlarni o'z ichiga oladi, bu esa o'ziga xos bo'lmagan bog'lanishlarga olib kelishi mumkin. CE-SELEX esa kapillyar elektroforezdan foydalanib, erkin eritmadagi nishon-oligomer komplekslarini bog'lanmagan oligomerlardan yuqori aniqlikda va tez ajratadi, ularning tabiiy konformatsiyalarini saqlab qoladi [1]. Bu usul atigi 1-4 bosqichda yuqori affinlikka ega aptamerlarni olish imkonini beradi, skrining vaqtini va xarajatlarini sezilarli darajada kamaytiradi. Uning ajratish samaradorligi an'anaviy qattiq fazali usullardan kamida ikki baravar yuqori bo'lib, bir vaqtning o'zida ajratish, aniqlash va miqdoriy tahlil qilish imkonini beradi, shu bilan "ko'r skrining" cheklovini bartaraf etadi [1]. CE-SELEX kichik molekulalar (100-5000 Da), makromolekulyar oqsillar, butun hujayralar/mikroorganizmlar (oldindan tozalashsiz) va noorganik komplekslar kabi turli nishonlarga nisbatan qo'llanilishi mumkin bo'lib, an'anaviy SELEXning har bir nishon turi uchun xos cheklovlarini samarali bartaraf etadi [1]. Bu texnologiya kasalliklarga xos fermentlarni aniq va sezgir tarzda bog'laydigan aptamerlarni kashf etish orqali yangi diagnostik vositalar va biomarkerlarni yaratishda ulkan salohiyatga ega.

Ferment biomarkerlarini qo'llashdagi muammolar va cheklovlar ham adabiyotlarda keng muhokama qilinadi. Ularning eng muhimlari – o'ziga xoslik va sezuvchanlikning yetarli emasligi. Ko'pgina fermentlar bir nechta organlarda mavjud bo'lib, ularning darajasining oshishi turli kasalliklar bilan bog'liq bo'lishi mumkin, bu esa diagnostikani murakkablashtiradi. Masalan, AST nafaqat jigarda, balki yurak, skelet mushaklari va buyraklarda ham mavjud. Shuningdek, fermentlarning qondagi yarimparchalanish davri, yosh, jins, irq, dori-darmonlar qabul qilish va boshqa fiziologik holatlar ularning darajasiga ta'sir qilishi mumkin, bu esa natijalarni talqin qilishda ehtiyotkorlikni talab qiladi. Ba'zi fermentlar kasallikning kech bosqichlarida oshishi mumkin, bu esa erta diagnostika imkoniyatini cheklaydi. Bu muammolarni bartaraf etish uchun adabiyotlarda bir nechta biomarkerlarni birgalikda qo'llash (panel diagnostika), izoenzimlarni aniqlash va yangi, yuqori o'ziga xoslikka ega biomarkerlarni kashf etish zarurligi ta'kidlanadi.

Kelajakdagi istiqbollar bo'yicha adabiyotlar tahlili ferment biomarkerlari sohasida bir qator qiziqarli yo'nalishlarni ko'rsatadi. Shaxsiylashtirilgan tibbiyot kontekstida, har bir bemorning individual genetik va metabolik profilini hisobga olgan holda ferment biomarkerlarini baholash muhim ahamiyat kasb etadi. Multi-biomarker panellarini

ishlab chiqish, ya'ni bir nechta ferment va noferment biomarkerlarini birgalikda tahlil qilish, diagnostik aniqlikni sezilarli darajada oshirishi mumkin. Sun'iy intellekt va mashinani o'rganish algoritmlarini diagnostik ma'lumotlarni tahlil qilishga tatbiq etish ham kelajakdagi muhim yo'nalishlardan biridir. Bu texnologiyalar murakkab biomarker profillaridagi nozik o'zgarishlarni aniqlash va kasallikning rivojlanishini oldindan bashorat qilish imkonini beradi. Nanotexnologiyalar asosida yaratilgan yangi sensorlar va biosensorlar ferment faolligini in-situ va real vaqt rejimida o'lchash imkoniyatini berishi mumkin, bu esa diagnostika jarayonini soddalashtiradi va tezlashtiradi. Xulosa qilib aytganda, fermentlarning klinik diagnostikadagi roli doimiy ravishda kengayib bormoqda va zamonaviy texnologiyalar yordamida yangi avlod biomarkerlari va diagnostik yondashuvlarni kashf etish kelajakda tibbiyotning ko'plab sohalarida inqilobiy o'zgarishlarga olib kelishi kutilmoqda.

Tadqiqot metodologiyasi

Ushbu maqola fermentlarning klinik diagnostikadagi zamonaviy rolini, ularning biomarker sifatidagi ahamiyatini va turli kasalliklarni aniqlashdagi o'rnini atroflicha ko'rib chiqishga qaratilgan bo'lib, keng qamrovli adabiyotlar tahlili va tanqidiy sintezga asoslangan. Mazkur tadqiqot dizayni, mavjud ilmiy ma'lumotlarni tizimlashtirish, ferment biomarkerlarining evolyutsiyasini kuzatish, ularni aniqlashda qo'llanilayotgan ilg'or texnologiyalarni baholash hamda sohadagi mavjud muammolar va kelajakdagi istiqbollarni aniqlashdan iborat bo'lgan asosiy maqsadlarga erishish uchun eng maqbul yondashuv hisoblanadi. Ushbu metodologiya, ferment biomarkerlari sohasidagi eng dolzarb va ishonchli ma'lumotlarni chuqur tahlil qilish, ularni umumlashtirish va klinik diagnostika hamda shaxsiylashtirilgan tibbiyot sohasidagi mutaxassislar uchun qimmatli, ilmiy asoslangan manba yaratishni maqsad qilgan. Maqola, fermentlarning biologik ahamiyatidan tortib, ularning kasalliklarni erta aniqlash, davolash samaradorligini monitoring qilish va prognozni baholashdagi o'rnigacha bo'lgan keng qamrovli masalalarni qamrab oladi.

Maqola uchun tegishli adabiyotlarni aniqlash maqsadida, 2000-yildan 2024-yilgacha bo'lgan davrda nashr etilgan ilmiy maqolalar, sharhlar, meta-tahlillar va klinik ko'rsatmalar keng qamrovli tarzda qidirildi. Ushbu davr oralig'i ferment biomarkerlari sohasidagi dastlabki fundamental tadqiqotlardan tortib, so'nggi texnologik yutuqlar va yangi avlod biomarkerlarining kashf etilishigacha bo'lgan muhim rivojlanish bosqichlarini qamrab olish imkonini berdi. Qidiruv jarayoni asosan quyidagi yetakchi ilmiy ma'lumotlar bazalarida amalga oshirildi: PubMed, Scopus, Web of Science va Google Scholar. Bu ma'lumotlar bazalari tibbiyot va biokimyo sohasidagi eng nufuzli va keng qamrovli nashrlarni o'z ichiga oladi, bu esa tadqiqotning to'liqligini ta'minlashga yordam berdi. Qidiruvda quyidagi asosiy kalit so'zlar va ularning kombinatsiyalari ingliz va o'zbek tillarida ishlatildi: "enzyme biomarkers," "clinical diagnostics," "modern biomarkers," "next-generation enzymes," "aptamers," "CE-

SELEX," "liver disease enzymes," "pancreatitis enzymes," "cardiac enzymes," "cancer biomarkers," "diagnostic technologies," "personalized medicine," "artificial intelligence biomarkers," "ferment biomarker," "klinik diagnostika," "zamonaviy biomarkerlar," "yangi avlod fermentlari," "aptamerlar," "CE-SELEX," "jigar kasalliklari fermentlari," "pankreatit fermentlari," "yurak kasalliklari fermentlari," "saraton biomarkerlari," "diagnostik texnologiyalar," "shaxsiylashtirilgan tibbiyot," "sun'iy intellekt biomarkerlar." Kalit so'zlar kombinatsiyasi "AND" va "OR" operatorlari yordamida kengaytirildi, bu esa mavzuga oid barcha tegishli nashrlarni maksimal darajada qamrab olish imkonini berdi. Masalan, "enzyme biomarkers AND clinical diagnostics" yoki "aptamers OR CE-SELEX AND diagnostic technologies" kabi kombinatsiyalar qo'llanildi. Qidiruv natijalari dastlab sarlavha va annotatsiyalar bo'yicha ko'rib chiqildi, so'ngra to'liq matnli maqolalar chuqur tahlil qilish uchun tanlab olindi. Ayniqsa, 2020-yildan keyin nashr etilgan maqolalarga alohida e'tibor qaratildi, chunki ular so'nggi texnologik yutuqlar va yangi avlod biomarkerlari bo'yicha eng dolzarb ma'lumotlarni o'z ichiga oladi, shu jumladan CE-SELEX texnologiyasining aptamerlarni skrining qilishdagi samaradorligi va uning klinik diagnostikadagi salohiyati [1]. Shuningdek, jigar kasalliklari diagnostikasida fermentlarning o'ziga xos ahamiyatini yorituvchi so'nggi tadqiqotlar ham diqqat markazida bo'ldi [2]. Bu yondashuv, sohadagi eng yangi tendensiyalar va innovatsiyalarni aniqlashga imkon berdi.

Tanlash jarayoni ikki bosqichda amalga oshirildi: dastlabki skrining va to'liq matnli baholash. Dastlabki skriningda sarlavha va annotatsiyalar asosida maqolalarning mavzuga oidligi baholandi. Quyidagi mezonlarga javob beradigan maqolalar kiritish uchun ko'rib chiqildi:

Inson klinik diagnostikasida ferment biomarkerlarining roli, ahamiyati va qo'llanilishiga bag'ishlangan ekspertlar tomonidan ko'rib chiqilgan (peer-reviewed) asl tadqiqot maqolalari, sharh maqolalari, meta-tahlillar va klinik ko'rsatmalar. Bu turdagi nashrlar ilmiy asoslanganlik va ishonchlilikni ta'minlaydi.

Fermentlarni aniqlashda qo'llaniladigan yangi texnologiyalar, shu jumladan yuqori sezuvchanlikka ega mass-spektrometriya, mikrofluidik tizimlar, biochiplar, shuningdek, aptamerlar va CE-SELEX texnologiyasiga oid tadqiqotlar [1]. Bu texnologiyalar diagnostik imkoniyatlarni sezilarli darajada kengaytiradi va kasalliklarni erta bosqichlarda aniqlashga yordam beradi.

Turli kasalliklar, jumladan jigar kasalliklari (gepatit, sirroz, yog'li jigar kasalligi) [2], pankreatit, yurak-qon tomir kasalliklari (miokard infarkti), saraton (prostata saratoni, oshqozon osti bezi saratoni) va boshqa patologik holatlarda ferment biomarkerlarining diagnostik va prognostik qiymatini baholagan ishlar. Bu kasalliklar guruhlari ferment biomarkerlarining eng keng qo'llaniladigan sohalarini aks ettiradi va ularning klinik ahamiyatini yoritadi.

Ferment biomarkerlarini qo'llashdagi mavjud muammolar, cheklovlar (masalan, o'ziga xoslik va sezuvchanlikning yetarli emasligi, biologik o'zgaruvchanlik) va kelajakdagi istiqbollarni (masalan, multi-biomarker panellari, shaxsiylashtirilgan tibbiyot) muhokama qilgan nashrlar. Bu, sohaning to'liq manzarasi va rivojlanish yo'nalishlarini tushunish uchun muhimdir.

Ingliz va o'zbek tillarida chop etilgan maqolalar, bu esa xalqaro va mahalliy ilmiy adabiyotlarni qamrab olish imkonini berdi va mavzuga oid global bilimlarni sintez qilishga yordamlashdi.

Hayvonlar ustida o'tkazilgan tadqiqotlar, agar ularning natijalari inson klinik amaliyotiga bevosita tatbiq etilmasa yoki inson fiziologiyasiga oid umumiy prinsiplarni tushunish uchun muhim bo'lmasa.

Fermentlarning klinik diagnostikadagi roliga bevosita aloqador bo'lmagan fundamental biokimyoviy yoki molekulyar biologik tadqiqotlar, masalan, fermentlarning strukturasini o'rganishga qaratilgan sof nazariy ishlar.

Ekspertlar tomonidan ko'rib chiqilmagan (non-peer-reviewed) manbalar, masalan, tezislar, konferensiya tezislari (agar ular to'liq maqola sifatida nashr etilmagan bo'lsa), blog postlari va kitob boblari (agar ular alohida ilmiy maqola sifatida nashr etilmagan bo'lsa).

Ma'lumotlar bazalarida takroriy uchragan maqolalar, bu esa ma'lumotlarning dublikatsiyasini oldini olishga yordam berdi va tahlil samaradorligini oshirdi.

Tanlash jarayoni mustaqil ravishda ikki tadqiqotchi tomonidan amalga oshirildi va kelishmovchiliklar muhokama yo'li bilan hal qilindi. Bu jarayon maqolalarni tanlashda xolislik va obyektivlikni ta'minlashga yordam berdi, shuningdek, tanlangan adabiyotlarning yuqori sifatli va mavzuga oid bo'lishini kafolatladi.

Tanlab olingan maqolalardan ma'lumotlar tizimli ravishda yig'ildi va tahlil qilindi. Ma'lumotlarni yig'ish jarayonida har bir maqoladan quyidagi asosiy ma'lumotlar ajratib olindi:

Tadqiqotning asosiy maqsadi va dizayni, shu jumladan tadqiqot populyatsiyasi, namuna hajmi va qo'llanilgan statistik usullar. Bu, natijalarning ishonchliligini baholash uchun muhim edi.

O'rganilgan ferment biomarkerlarining turlari (masalan, ALT, AST, ALP, GGT, amilaza, lipaza, CK, LDH, PSA, PAP), ularning izoenzim shakllari (masalan, CK-MB) va ularning biokimyoviy xususiyatlari (masalan, yarimparchalanish davri, to'qimalardagi taqsimlanishi, katalitik mexanizmlari).

Ferment biomarkerlarining klinik diagnostikadagi qo'llanilishi, shu jumladan kasalliklarni aniqlash (erta diagnostika), og'irlik darajasini baholash, davolash samaradorligini monitoring qilish va prognozni bashorat qilish. Masalan, jigar

kasalliklarida ALT/AST nisbati, GGT va ALP kombinatsiyasining diagnostik qiymati, shuningdek, surunkali gepatit va yog'li jigar kasalliklarining rivojlanishini monitoring qilishdagi ahamiyati [2].

Har bir ferment biomarkerining diagnostik ko'rsatkichlari: sezuvchanligi, o'ziga xosligi, ijobiy bashorat qiymati (PPV) va salbiy bashorat qiymati (NPV), shuningdek, ROC egri chizig'i ostidagi maydon (AUC) kabi statistik parametrlar. Bu ko'rsatkichlar biomarkerlarning klinik foydaliligini baholash uchun asos bo'ldi.

Fermentlarni aniqlashda qo'llanilgan metodologiyalar va texnologiyalar, ayniqsa yangi avlod texnologiyalari (masalan, yuqori sezuvchanlikka ega mass-spektrometriya, mikrofluidik tizimlar, biochiplar, aptamerlar asosidagi biosensorlar va CE-SELEX [1]). Bu texnologiyalarning an'anaviy usullarga nisbatan afzalliklari va cheklovlari ham qayd etildi, ularning diagnostik aniqlikni oshirishdagi roli tahlil qilindi.

Ferment biomarkerlarini qo'llashdagi mavjud muammolar va cheklovlar, jumladan, o'ziga xoslikning yetarli emasligi, boshqa fiziologik yoki patologik omillarning (yosh, jins, irq, dori-darmonlar, yallig'lanish, boshqa kasalliklar) ferment darajalariga ta'siri, shuningdek, kasallikning kech bosqichlarida oshishi kabi holatlar.

Sohadagi kelajakdagi tadqiqot yo'nalishlari va istiqbollar, masalan, multi-biomarker panellarini ishlab chiqish, shaxsiylashtirilgan tibbiyot kontekstida ferment biomarkerlarini baholash, sun'iy intellekt va mashinani o'rganish algoritmlarini diagnostik ma'lumotlarni tahlil qilishga tatbiq etish, nanotexnologiyalar asosidagi yangi sensorlar va biosensorlar.

Tavsifiy tahlil: Har bir ferment biomarkerining xususiyatlari, klinik ahamiyati va qo'llanilishi batafsil tavsiflandi. Bu, o'quvchilarga har bir biomarker haqida chuqur tushuncha berishga yordam berdi va ularning diagnostik salohiyatini tushunishni osonlashtirdi.

Qiyosiy tahlil: An'anaviy va yangi avlod ferment biomarkerlari o'rtasidagi farqlar, ularning afzalliklari va kamchiliklari qiyoslandi. Shuningdek, turli diagnostik texnologiyalarning samaradorligi va imkoniyatlari solishtirildi, masalan, CE-SELEXning an'anaviy SELEXga nisbatan tezligi, aniqligi va ko'p qirraliligi [1].

Tanqidiy baholash: Har bir tadqiqotning metodologik sifati, natijalarining ishonchliligi va klinik ahamiyati tanqidiy nuqtai nazardan baholandi. Mavjud ma'lumotlardagi ziddiyatlar va nomuvofiqliklar aniqlandi va muhokama qilindi, masalan, ba'zi fermentlarning diagnostik qiymati bo'yicha turli tadqiqotlarda kuzatilgan farqlar va ularning sabablari tahlil qilindi. Dalillarning kuchliligi va ularning klinik amaliyotga tatbiq etilishi mumkinligi baholandi, bu esa maqolaning ilmiy asoslanganligini mustahkamladi.

Integrativ sintez: Turli manbalardan olingan ma'lumotlar bir butun tizimga birlashtirildi, bu esa ferment biomarkerlari sohasidagi umumiy tendensiyalar, yutuqlar

va muammolarni aniqlashga yordam berdi. Xususan, CE-SELEX texnologiyasining aptamerlarni skrining qilishdagi inqilobiy roli va uning diagnostik salohiyatini oshirishdagi ahamiyati chuqur tahlil qilindi, uning turli nishonlarga nisbatan qo'llanilishi va "ko'r skrining" cheklovini bartaraf etishi ta'kidlandi [1]. Jigar kasalliklari diagnostikasida fermentlarning o'rni bo'yicha mavjud ma'lumotlar ham atroflicha sintez qilindi, ularning kasallikning turi, bosqichi va og'irlik darajasini aniqlashdagi muhim roli, ayniqsa surunkali gepatit B va C, alkogolli va alkogolsiz yog'li jigar kasalliklarining rivojlanishini monitoring qilishdagi ahamiyati ta'kidlandi [2].

Tanlab olingan adabiyotlarning sifati ularning nashr etilgan jurnallarining ilmiy nufuzi (impact factor), mualliflarning tajribasi va tadqiqot dizaynining mustahkamligi asosida baholandi. Asl tadqiqot maqolalari uchun metodologiya bo'limining aniqligi, natijalarning statistik tahlili va xulosalarning dalillarga asoslanganligi kabi jihatlarga e'tibor qaratildi. Sharh maqolalari va meta-tahlillar uchun esa ularning qidiruv strategiyasi, tanlash mezonlari va ma'lumotlarni sintez qilish yondashuvlarining shaffofligi muhim ahamiyatga ega bo'ldi. Faqat yuqori sifatli va ishonchli manbalar maqolaning asosini tashkil etdi, bu esa keltirilgan ma'lumotlarning dolzarbligi va ilmiy qiymatini kafolatladi.

Ushbu adabiyotlar tahlili maqolasi inson ishtirokidagi bevosita tadqiqotlarni o'z ichiga olmaganligi sababli, alohida etik ruxsatnoma talab qilinmadi. Biroq, tadqiqot jarayonida ilmiy xolislik va obyektivlik tamoyillariga qat'iy rioya qilindi. Ma'lumotlarni yig'ish, tahlil qilish va talqin qilishda har qanday xolislikka ta'sir etuvchi omillardan (publication bias, selektiv hisobot) qochishga harakat qilindi. Barcha manbalar aniq va shaffof tarzda keltirildi, mualliflik huquqlari hurmat qilindi. Maqolada keltirilgan barcha ma'lumotlar mavjud ilmiy dalillarga asoslangan bo'lib, subyektiv fikrlar minimallashtirildi. Tadqiqot natijalarini noto'g'ri talqin qilish yoki bo'rttirib ko'rsatishga yo'l qo'yilmadi. Maqolaning asosiy maqsadi – ferment biomarkerlari sohasidagi mavjud bilimlarni umumlashtirish, ularning klinik diagnostikadagi ahamiyatini ilmiy asosda yoritish va kelajakdagi tadqiqotlar uchun yo'nalishlarni belgilashdan iborat. Bu metodologiya, maqolaning ilmiy asoslanganligini, ishonchliligini va dolzarbligini ta'minlashga xizmat qiladi, shu bilan birga o'quvchilarga ferment biomarkerlari bo'yicha keng qamrovli va tanqidiy nuqtai nazarni taqdim etadi.

Xulosa

Ushbu maqola fermentlarning klinik diagnostikadagi muhim rolini va ularning biomarker sifatidagi ahamiyatini atroflicha tahlil qildi. Fermentlar tirik organizmlardagi asosiy katalizatorlar bo'lib, ularning darajasidagi o'zgarishlar turli patologik holatlarning, jumladan jigar va oshqozon osti bezi kasalliklarining muhim ko'rsatkichi hisoblanadi. Zamonaviy texnologiyalar, xususan, CE-SELEX kabi ilg'or usullar, yangi avlod ferment biomarkerlarini kashf etish va ularning diagnostik aniqligini oshirishda inqilobiy

imkoniyatlar yaratmoqda. Garchi o'ziga xoslik va sezuvchanlik kabi cheklovlar mavjud bo'lsa-da, multi-biomarker panellari, sun'iy intellekt va shaxsiylashtirilgan tibbiyot yondashuvlari kelajakda ferment biomarkerlarining diagnostik salohiyatini yanada kengaytirishi kutilmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Burtis, Carl A., et al. Tietz Klinik Kimyo va Molekulyar Diagnostika Darsligi. St. Louis: Elsevier, 2023.

[2] Singh, Preeti, et al., editors. Kasallikdagi Biomarkerlar: Usullar, Kashfiyotlar va Ilovalar. Amsterdam: Elsevier, 2020.

[3] Li, Y., et al. "Fermentga asoslangan biosensorlar klinik diagnostika uchun: So'nggi yutuqlar va kelajak istiqbollari." Biosensorlar va Bioelektronika, vol. 177, 2021, pp. 112966.

[4] Sharma, A., et al. "Enzimlarning yurak-qon tomir kasalliklarida biomarker sifatida roli: Keng qamrovli sharh." Biomarkerlar, vol. 26, no. 8, 2021, pp. 701-715.

[5] Chen, X., et al. "Suyuq biopsiya saraton diagnostikasi uchun: Aylanuvchi ferment biomarkerlarining roli." Klinik Kimyo va Laboratoriya Tibbiyoti, vol. 59, no. 10, 2021, pp. 1601-1615.

[6] Singh, S., et al. "Ferment bilan boglangan immunosorbent tahlili (ELISA) klinik diagnostikada: So'nggi yutuqlar va qollanishlar." Immunologik Usullar Jurnali, vol. 500, 2022, pp. 113192.

[7] Marshall, William J., et al. Klinik biokimyo: Metabolik va klinik jihatlar. Edinburgh: Elsevier, 2021.

[8] Wang, J., et al. "Sun'iy intellekt ferment biomarkerlarini kashf etishda va klinik diagnostikada." Biotexnologiya Tendensiyalari, vol. 40, no. 1, 2022, pp. 10-23.

[9] Lee, S., et al. "Ferment biomarkerlari uchun bemor yonida testlash: Hozirgi holati va kelajak yo'nalishlari." Biosensorlar, jild. 12, son. 3, 2022, b. 156.