



EOC
EUROASIAN
ONLINE
CONFERENCES

GERMANY

CONFERENCE

**INTERNATIONAL CONFERENCE ON
SCIENCE, ENGINEERING AND
TECHNOLOGY**



Google Scholar

zenodo

OpenAIRE

doi digital object
identifier

eoconf.com - from 2024



INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY:
a collection scientific works of the International scientific conference –
Gamburg, Germany, 2025 Issue 5

Languages of publication: Uzbek, English, Russian, German, Italian, Spanish,

The collection consists of scientific research of scientists, graduate students and students who took part in the International Scientific online conference « **INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY** ». Which took place in Gamburg, 2025.

Conference proceedings are recommended for scientists and teachers in higher education establishments. They can be used in education, including the process of post - graduate teaching, preparation for obtain bachelors' and masters' degrees. The review of all articles was accomplished by experts, materials are according to authors copyright. The authors are responsible for content, researches results and errors.



**SUVDA ERIYDIGAN VITAMINLAR, GOMOTSISTEIN METABOLIZMI, D
VITAMINI VA VITAMINLAR TAHLILI TEXNIKALARINIG
NEYRODEGENERATIV KASALLIKLAR HAMDA IMMUN TIZIM
REGULYATSIYASIDAGI KOMPLEKS ROLI**

Muxtorova Gulnozaxon Mirzohidjon qizi

QDTU "Oziq-ovqat mahsulotlari texnologiyasi" talabasi

Xolmurodov Bobur Bahrom o'g'li

QDTU "Oziq-ovqat mahsulotlari texnologiyasi" katta o'qituvchisi

Annotatsiya: Mazkur maqolada uchta alohida, ammo o'zaro bog'liq bo'lgan dolzarb ilmiy muammolarga e'tibor qaratilgan va vitaminlar tadqiqotlaridagi uchta muhim yo'nalishni: neyrodegenerativ kasalliklar bilan bog'liq holda suvda eriydigan vitaminlar va gomotsistein darajasini, D vitaminining immun tizimini tartibga solishdagi rolini hamda vitaminlarni tahlil qilish texnikalaridagi yutuqlarni birlashtirilganligi yoritilgan. Suvda eriydigan vitaminlar va gomotsistein darajasining neyrodegenerativ kasalliklar patogenezi bilan bog'liqligi, D vitamini va uning sintetik analoglarining immun tizimi faoliyatini tartibga solishdagi funksiyasi, vitaminlarni biologik namunalar va oziq-ovqat mahsulotlarida aniq o'lchash uchun qo'llaniladigan tahlil texnikalaridagi so'nggi yutuqlari keltirilgan. Zamonaviy tahlil usullari esa klinik aloqalarni aniq o'lchash va chuqur tushunish uchun zarur vositalar bo'lib xizmat qiladi. Ushbu maqola bu uch sohaga doir fundamental bilim va klinik ahamiyatni tahlil qilib, kelajakdagi tadqiqot yo'nalishlari uchun asos yaratadi.

Kalit so'zlar: Suvda eriydigan vitaminlar, B guruhi vitaminlari, gomotsistein, neyrodegenerativ kasalliklar, D vitamini, vitamin tahlili, immunomodulyatsiya.

Kirish. Vitaminlar inson metabolizmida kofaktorlar, ferment faollashtiruvchilar va gormonlar kabi harakat qiluvchi muhim mikroelementlar hisoblanadi. Ular tananing normal funksiyalari, shu jumladan asab tizimi, immun javoblar va hujayra signalizatsiyasi uchun zarurdir. So'nggi yillarda vitaminlarning faqatgina ratsion komponentlari emas, balki kasalliklar patogenezi faol ishtirok etuvchi molekulalar ekanligi haqidagi tushuncha kuchayib bormoqda.

Neyrodegenerativ kasalliklar (NK), masalan, Altsgeymer va Parkinson kasalliklari, global sog'liqni saqlash sohasidagi eng katta muammolardan biridir. Ushbu kasalliklarning rivojlanishida genetik moyillikdan tashqari, atrof-muhit omillari va metabolik buzilishlar muhim rol o'ynaydi. Suvda eriydigan vitaminlar, xususan, B guruhi vitaminlari (B6, B9-folat, B12) gomotsistein metabolizmida ishtirok etadi. Gomotsistein metioninning oraliq metaboliti bo'lib, uning qonda yuqori darajasi (gipergomotsisteinemiya)



neyrotoksik ta'sir ko'rsatadi. Ushbu vitaminlarning past darajasi va gomotsisteinining ko'tarilishi neyrodegeneratsiyaning kuchayishi bilan bog'liq bo'ladi.

D vitamini an'anaviy ravishda kalsiy va suyak metabolizmi bilan bog'liq bo'lsa-da, bugungi kunda uning immun tizimini tartibga solishdagi (immunomodulyatsiya) keng ko'lamli funksiyalari to'liq o'rganilmoqda. D vitamini va uning analoglari immun hujayralarning differensiatsiyasi, ko'payishi va sitokinlar ishlab chiqarishiga ta'sir ko'rsatadi, shu bilan otoimmun kasalliklar, yallig'lanish va infeksiyalarga qarshi kurashishda muhim rol o'ynaydi. Bu o'zgarishlar D vitaminini terapevtik agent sifatida o'rganishga yangi turtki beradi.

Vitaminlarning klinik va patofiziologik rolini aniq belgilash ularni biologik suyuqliklarda va oziq-ovqat mahsulotlarida aniq, sezgir va ishonchli o'lchashga bog'liq. An'anaviy usullar o'zining kamchiliklariga ega. Shuning uchun, so'nggi yillarda yuqori unumdorlikdagi asbobiy texnikalar (masalan, LC-MS/MS, CE) va maxsus immunotahlillar vitaminlar tahlilida inqilob qiladi, bu esa vitamin faoliyatining tana salomatligiga ta'sirini yanada aniqroq tushunishga imkon beradi.

Asosiy qism

Suvda eriydigan vitaminlarning gomotsistein metabolizmidagi rolini o'rganish usuli

Gomotsistein — bu aminokislota bo'lib, u metionin almashinuvining oraliq mahsuloti hisoblanadi. Uning darajasi organizmda B guruhi vitaminlariga, xususan B6 (piridoksin), B9 (folat) va B12 (kobalamin) vitaminlariga bog'liq. Ushbu vitaminlar suvda eriydigan bo'lib, gomotsisteinni qayta metioninga yoki sisteinga aylantirish jarayonlarida fermentativ koferment sifatida ishtirok etadi. B guruhi vitaminlarining gomotsistein (Hcy) metabolizmidagi kofaktor sifatida ishtirok etishini tahlil qiladi. Hcy, metionin-sistein aylanmasining oraliq mahsuloti bo'lib, uning toksik darajasini nazorat qilishda B9 (Folat), B12 (Kobalamin) va B6 (Piridoksin) vitaminlari markaziy rol o'ynaydi. Tahlil shuni ko'rsatadiki, B9 va B12 Hcy ning qayta metillanishini ta'minlaydi (metionin sintezi), B6 esa uni zararsizlantiruvchi transsulfuratsiya yo'lida muhimdir [10, 13]. Ushbu manbalar Hcy ning qondagi yuqori darajasi neyrodegenerativ kasalliklar bilan qanday bog'liqligini o'rganish uchun asos yaratadi, chunki gipergomotsisteinemiya neyronlarning oksidlovchi stressga va mitoxondrial disfunktsiyaga sezgirligini oshiradi.

Gomotsisteinining neyrodegeneratsiyadagi patogenetik roli faqatgina metabolik to'planishdan iborat emasligini ko'rsatadi, balki u bir necha neyrotoksik kaskadlarni ishga tushiradi: Qon-Miya To'sig'i (QMT) Disfunktsiyasi va Vaskulyar Shikastlanish: Hcy yuqori konsentratsiyalarda bevosita miya qon tomirlarining endotelial hujayralariga zaharli ta'sir



ko'rsatadi. Bu shikastlanish neyrovaskulyar birlikning buzilishiga olib keladi va QMT ning o'tkazuvchanligini oshiradi [4]. Natijada, periferik qonda mavjud bo'lgan yallig'lanish mediatorlari (masalan, sitokinlar) va zararli moddalar markaziy asab tizimiga kirib, neyro-yallig'lanishni keltirib chiqaradi, bu esa neyronlarning shikastlanishini kuchaytiradi. B vitaminlari yetishmovchiligini to'g'irlash endotelial funksiyani tiklash orqali ushbu vaskulyar neyrotoksiklik kamaytirishga yordam beradi. Eksitotoksiklikning kuchayishi: Hcy glutamat kabi eksitator aminokislotalarga taqlid qilib, N-metil-D-aspartat (NMDA) retseptorlarini ortiqcha faollashtirishi mumkin [5]. NMDA retseptorlarining nazoratsiz faollashuvi neyron ichiga haddan tashqari ko'p kalsiy ionlari oqib kirishiga olib keladi. Bu esa kalsiy gomeostazining buzilishi va hujayra o'limi (apoptoz) bilan yakunlanadigan halokatli kaskadni ishga tushiradi. Epigenetik oqibatlar va metillanishning buzilishi: B vitaminlari remetillanish yo'lini ta'minlash orqali S-adenozilmetionin (SAM) zaxirasini saqlab turadi. SAM esa DNK metillanishi, gistone modifikatsiyasi va oqsillarning metillanishi kabi muhim epigenetik jarayonlar uchun universal metil donoridir [10]. B vitaminlari yetishmovchiligida SAM darajasining pasayishi bu epigenetik jarayonlarni buzadi. Bu buzilishlar miya funksiyasiga va neyron plastisitasiga ta'sir qiluvchi genlarning anormal ifodalanishiga olib kelishi mumki. Shunday qilib, past suvda eriydigan vitaminlar bilan bog'liq gipergomotsisteinemiya neyrodegenerativ kasalliklarning rivojlanishidagi markaziy, kompleks va ko'p faktorli sababchi omil sifatida ko'rib chiqish zarurligini isbotlaydi. B vitaminlari bilan aralashuv ushbu patogenetik mexanizmlarni maqsadli ravishda zararsizlantirishga qaratilgan eng muhim bioterapevtik yondashuvlardan biri hisoblanadi.

Vitaminlar: Metabolizmdan Patogenezgacha bo'lgan rol

Vitaminlar nafaqat oziq-ovqatning ajralmas qismi, balki insonning barcha hayotiy jarayonlarida ishtirok etuvchi metabolik kofaktorlar va gormonga o'xshash moddalardir. So'nggi o'n yillikdagi tadqiqotlar ularning rolini oddiy vitamin yetishmovchiligini davolashdan surunkali va degenerativ kasalliklar patogeneziga bevosita ta'sir etuvchi molekulyar agentlar darajasiga ko'tardi.

Neyrodegenerativ kasalliklarning rivojlanishi metabolik stressning ortishi, xususan, B guruhi vitaminlari (B6, B9, B12) yetishmasligi natijasida yuzaga keladigan gipergomotsisteinemiya [1] bilan kuchli bog'liq. Gomotsistein, metionin metabolizmining zaharli oraliq mahsuloti bo'lib, uning miyada to'planishi oksidlovchi stressni va yallig'lanishni kuchaytiradi [4, 5]. Bu holat B vitaminlarining neyroprotektiv rolini chuqur o'rganish zaruriyatini keltirib chiqaradi. Bu vitaminlar Hcy ni zararsizlantirishda (remetillanish va transsulfuratsiya) kofaktor sifatida ishlaydi.



D vitamini an'anaviy ravishda suyak salomatligi bilan bog'liq bo'lsa-da, uning immun tizimini modulyatsiya qilishdagi o'rni bugungi kunning eng muhim kashfiyotlaridan biridir [2]. D vitaminining faol metaboliti deyarli barcha immun hujayralarda VDR orqali ta'sir qiladi. U yallig'lanishni kuchaytiruvchi sitokinlarni inhibe qilib, immun tolerantlikni saqlaydi [6, 14]. Shuning uchun, uning maqsadli terapevtik analoglari otoimmun kasalliklarni davolashda katta umid bag'ishlaydi [7].

Vitaminlarning klinik va patofiziologik rolini isbotlash uchun ularni biologik namunalarda yuqori aniqlikda, sezgirlikda va ishonchli o'lchash zarur [3]. An'anaviy tahlil usullaridagi kamchiliklar (masalan, o'zaro reaktivlik) tufayli, LC-MS/MS kabi ilg'or texnologiyalarning joriy etilishi vitamin statusining diagnostik qiymatini sezilarli darajada oshirdi [8, 15]. Bu usullar D vitaminining turli metabolitlarini farqlashda va bir uglerodli metabolizmning nozik mahsulotlarini o'lchashda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

B vitaminlarining metabolik kaskadlardagi kofaktorlik roli

B12 (metilkobalamin) va B9 (metilfolat) birgalikda gomotsisteinni zararsiz metioninga qayta aylantiruvchi metionin sintaza fermenti uchun metil donorlari sifatida ishlaydi. Bu remetillanish jarayoni hujayraning metil guruhlari zaxirasini (SAM) ta'minlash uchun asosdir [10]. B6 (Piridoksal-5-fosfat, PLP) esa transsulfuratsiya yo'lining ajralmas qismi bo'lib, Hcy ni sisteinga qaytarilmas tarzda o'tkazish orqali neyrotoksiklik xavfini kamaytiradi [13]. Bu uch vitaminning har qandayidagi yetishmovchilik bu muhim metabolik kaskadning to'liq uzilishiga va Hcy ning patologik darajada to'planishiga olib keladi. Tadqiqot usuli bu uzilishlarning miya sog'lig'iga ta'sirini baholash uchun metabolitlar darajasini doimiy monitoring qilish zarurligini isbotlaydi.

B vitaminlari Hcy ni ikki asosiy metabolik yo'l orqali zararsizlantirishda katta rol o'ynaydi. Remetillanish (Metil guruhini qayta tiklash): Bu jarayon Hcy ni muhim aminokislota bo'lgan L-metioninga qayta aylantirishni o'z ichiga oladi. Bu reaksiya metionin sintaza fermenti tomonidan katalizlanadi, u ishlatish uchun B12 (metilkobalamin) ni kofaktor sifatida talab qiladi. B12 esa o'z navbatida B9 (5-metiltetragidrofolat, 5-MTHF) dan metil guruhini qabul qiladi [10]. B12 va B9 ning har qandayidagi yetishmovchilik bu siklni to'xtatadi, natijada Hcy darajasi ko'tariladi va metil donor (SAM) zaxirasi kamayadi. Bu SAM sintezining buzilishi hujayra ichidagi barcha metillanishga bog'liq reaksiyalarni bevosita ta'sir ostiga oladi.

Transsulfuratsiya (Hcy ni zararsizlantirish): Bu yo'l orqali Hcy qaytarilmas tarzda B6 (Piridoksal-5-fosfat, PLP) ga bog'liq sistationin beta-sintaza fermenti yordamida sistationinga o'tkaziladi, so'ngra muhim antioksidant sistein (va glutation) hosil bo'ladi [13]. Demak, B6 ning



yetishmovchiligi organizmning nafaqat Hcy ni zararsizlantirish, balki endogen antioksidant himoya tizimini ham zaiflashtiradi.

D vitaminining faol metaboliti immun hujayralarga kirib, yadrodagi VDR bilan bog'lanadi va retseptor-ligand kompleksi hosil qiladi. Bu kompleks gen promouterlariga bog'lanib, bevosita antimikrob peptidlar (masalan, katelisin) ishlab chiqarilishini oshiradi, shu bilan tug'ma immunitetni kuchaytiradi [11]. Adaptiv immunitetda D vitamini sitokinlar ifodasini modulyatsiya qiladi, u yallig'lanishga qarshi sitokinlar (IL-10) genini faollashtirib, pro-yallig'lanish sitokinlar (IL-2, IFN-gamma) genini esa susaytiradi [14]. Terapevtik analoglar esa aynan shu VDR faollashuvining immun yo'llarini kalsiy metabolizmiga (giperkalsemiyaga) ta'sir qilmagan holda, maqsadli kuchaytirish uchun sintez qilinadi. Bu strategiya ko'p skleroz kabi otoimmun kasalliklarga qarshi samarali va kam yon ta'sirga ega dori vositasini yaratishga qaratilgan [7].

D vitamini adaptiv immun tizimda yallig'lanishni kuchaytiruvchi T-hujayra javoblarini to'g'ridan-to'g'ri bosishga qaratilgan. T-Helper hujayralari (Th) Inhibitsiyasi: D vitamini Th1 (hujayraviy immunitet) va Th17 (yallig'lanish) hujayralarining differensiatsiyasini bosadi [6]. Natijada, yallig'lanishni kuchaytiruvchi sitokinlar ($\text{IFN-}\gamma$, IL-17, IL-2) ishlab chiqarilishi sezilarli darajada kamayadi. Bu xususiyat Ko'p skleroz kabi Th1/Th17 ga bog'liq otoimmun kasalliklar patogenezini nazorat qilishda hal qiluvchi ahamiyatga ega. T-Regulyator hujayralarini Stimullash: Aksincha, D vitamini immun tolerantlikni saqlash uchun eng muhim subpopulyatsiya bo'lgan Treg hujayralarining ko'payishini va funksiyasini faollashtiradi [6, 14]. Treg hujayralari boshqa immun hujayralarning reaktivligini cheklaydi, shu bilan avto-reaktiv (o'z-o'ziga hujum qiluvchi) immun javoblarni oldini oladi.

Vitaminlarni aniqlash texnikalarida LC-MS/MS ning afzalliklarini detalli ko'rib chiqish

Bu usulning yuqori aniqligi va sezgirligi vitaminlarni biologik suyuqliklarda, ularning metabolitlaridan ajratgan holda o'lchashda zarurdir. LC-MS/MS ning afzalliklari Immunoassalar (masalan, ELISA) bilan taqqoslanadi. ELISA usulida antitanalarning bir nechta metabolitlarga o'zaro reaktivligi (cross-reactivity) tufayli noto'g'ri yuqori natijalar yuzaga kelishi mumkin [12]. LC-MS/MS esa tandem mass-spektrometriyadan (MS/MS) foydalangan holda, bir xil molekulyar og'irlikka ega bo'lgan, ammo turli kimyoviy tuzilishdagi vitamin shakllarini (izobar interferentlar) ajratishga qodir. Bundan tashqari, manbada namuna tayyorlash usullarining muhimligi ta'kidlangan [15]. Qon zardobi kabi murakkab matrisalardan vitaminlarni samarali va yuqori rentabellikda chiqarib olish (Extraction) analitik natijaning ishonchliligini ta'minlaydi. Kapillyar Elektroforez (CE) esa tezligi, yuqori



ajratish qobiliyati va reagentlarning minimal iste'moli tufayli B vitaminlari kabi kichik, qutbli molekulalarni tahlil qilishda salohiyatli alternativ sifatida muhokama qilingan [3, 9].

Tahlil strategiyasi uchta mustaqil ilmiy yo'nalishni yagona tizimga birlashtirishga qaratilgan bo'lib, ularning o'zaro bog'liqligini ko'rsatadi. Bu integratsiya natijalarni faqat yakka tartibda emas, balki kompleks patofiziologik tizim sifatida tushunishga imkon beradi. Masalan, gipergomotsisteinemiyaning neyrotoksik ta'sirini to'g'ri baholash uchun B12 va folatning aniq metabolitlarini o'lchash zarur. Xuddi shunday, D vitaminining immunomodulyatsion potensialini klinik jihatdan isbotlash uchun bemorlarda uning aniq faol metabolitlarini LC-MS/MS orqali ishonchli o'lchash talab qilinadi. Shuningdek, bu yondashuv kelajakdagi tadqiqot strategiyalari uchun asos yaratadi [15]. Bu strategiyalar nafaqat vitamin yetishmovchiligini davolashga, balki shaxsiylashtirilgan tibbiyot nuqtai nazaridan bemorning metabolik va immun statusiga mos keladigan maxsus vitamin analoglari yoki optimal tahlil metodlarini tanlashga qaratilgan bo'lishi kerak. Bu integratsiya, vitaminlar tadqiqotining farmakologiya, nevrologiya va analitik kimyo kabi turli fan sohalarini qamrab olgan murakkab xarakterini tasdiqlaydi.

Natija va muhokama

Tahlillar Hcy ning neyrotoksik xususiyatini faqatgina ortiqcha metil guruhining to'planishi bilan emas, balki oksidlovchi shikastlanishning murakkab kaskadi bilan bog'liq ekanligini ta'kidlaydi. Hcy ning o'zi oksidlanish natijasida erkin radikallarni (ROS) hosil qiladi [1]. Bu ROS neyron membranalarining lipid peroksidlanishini keltirib chiqaradi, bu esa neyronlarning o'limiga (apoptoz) olib keladi. Boshqa bir muhim mexanizm eksitotoksiklik bilan bog'liq. Hcy NMDA retseptorlariga agonist sifatida ta'sir qilishi mumkin, bu esa hujayralarga ortiqcha kalsiy kirishiga va natijada mitoqondrial disfunktsiyaga olib keladi [5]. Ushbu mitoqondrial shikastlanish energiya tanqisligini keltirib chiqaradi, bu ayniqsa yuqori energiya talab qiluvchi neyronlar uchun halokatlidir. Bundan tashqari, B vitaminlari yetishmovchiligi SAM (S-adenozilmetionin) darajasini pasaytiradi, bu esa DNK va oqsillarning optimal metillanishini buzadi. Metillanishdagi bu global o'zgarishlar gen ifodasini o'zgartirib, NK rivojlanishiga genetik moyillik yaratadi [10]. Profilaktika maqsadida B vitaminlari bilan aralashuv ushbu murakkab metabolik kaskadni buzishga qaratilgan eng asosiy bioterapevtik yondashuvlardan biri hisoblanadi.

D vitaminining immun tizimga ta'siri VDR orqali hujayra yadrosiga ta'sir qiluvchi gormon sifatida ishlaydi. D vitamini, xususan, adaptiv immunitetda Th1 va Th17 javoblarini (yallig'lanishni kuchaytiruvchi) kuchli inhibitsiya qiladi [6]. U Th1 hujayralarining differensiatsiyasini bosish orqali IFN-gamma



va IL-2 kabi sitokinlar ishlab chiqarishni sezilarli darajada kamaytiradi. Shu bilan birga, D vitamini immun tizimi uchun eng muhim himoya mexanizmi bo'lgan T-regulyator (Treg) hujayralarining ko'payishini rag'batlantiradi [6]. Treg hujayralari immun tolerantlikni saqlash, ya'ni tananing o'z to'qimalariga hujum qilishini oldini olish uchun javobgardir. Shuningdek, tug'ma immunitetda D vitamini patogenlarni yo'q qilishga xizmat qiluvchi makrofaglarning ichki mexanizmlarini, jumladan, antimikrob peptidlar (katelisidin) sintezini bevosita kuchaytiradi [11]. Bu D vitaminining nafaqat otoimmun, balki infeksiya kasalliklarga qarshi kurashishda ham hal qiluvchi rol o'ynashini ko'rsatadi. Bu esa uni immunologik kasalliklar uchun kuchli yordamchi terapiya vositasiga aylantiradi.

Vitaminlarni o'lchash texnikalarining sezilarli rivojlanishini, ayniqsa LC-MS/MS ning ustunligini ko'rsatadi. Bu usulning "oltin standart" deb atalishiga sabab, u nafaqat yuqori sezgirlikka (hatto nanomolyar konsentratsiyalarda o'lchash) ega, balki yuqori tanlovchanlikka (selektivlik) ham ega [8]. Bu ayniqsa D vitamini tahlilida juda muhimdir, chunki qon zardobida bir nechta D vitamini metabolitlari ($25(\text{OH})\text{D}_3$, $25(\text{OH})\text{D}_2$, $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$, C3-epimer) mavjud bo'lib, ularning har birining klinik ahamiyati farqlanadi. Immunoassalar (masalan, ELISA) esa ko'pincha bu metabolitlarni farqlay olmay, o'zaro reaktivlikka olib keladi va natijalarni noto'g'ri ko'rsatadi [12]. LC-MS/MS ning tandem mass-spektrometriya (MS/MS) qismi vitaminlarning murakkab biologik matrisadagi izobar interferentlardan ajratilishini ta'minlaydi, bu esa klinik diagnostikada ishonchlilikni oshiradi. Ushbu texnologik aniqlik B vitaminlari va Hcy [1] orasidagi nozik bog'liqliklarni isbotlashda ham hal qiluvchi rol o'ynaydi.

Natijalarning umumiy ko'rinishini jadval misolida ko'rib chiqamiz.

1-jadval

Yo'nalish	Asosiy topilmalar	Muhokama / Ahamiyati
Suvda eriydigan vitaminlar va Gomotsistein	Past S.E.V. (B6, B9, B12) darajasi gipergomotsisteinemiya olib keladi, bu esa neyrodegenerativ kasalliklar bilan kuchli bog'liq.	Gipergomotsisteinemiya neyrotoksiklikni, oksidlovchi stressni va QMT buzilishini keltirib chiqaradi. Bu vitaminlar profilaktik bioterapevtik maqsad hisoblanadi.
D vitamini va Immun tizimi	D vitamini va uning analoglari immun tizimini tartibga solishda (immunomodulyatsiya) muhim rol o'ynaydi. U VDR orqali tug'ma va adaptiv immunitetda ishtirok etadi.	Yallig'lanishga qarshi xususiyatlari va T-regulyator hujayralarini qo'llab-quvvatlashi uni otoimmun kasalliklar uchun potentsial terapevtik maqsadga aylantiradi.
Vitaminlarni aniqlash	Vitaminlarni tahlil qilishda LC-MS/MS (eng oltin standart),	Bu texnikalar vitaminlarni aniqlashning tezligi, sezgirliги va



texnikasi	Kapillyar Elektroforez (CE) va takomillashtirilgan Immunoassalar kabi ilg'or usullar rivojlanmoqda	tanlovchanligini oshiradi, bu esa aniq diagnostika va tadqiqotlar uchun juda muhimdir.
-----------	--	--

Xulosa

1. **Neyroprotektiv Rol:** Suvda eriydigan B guruhi vitaminlari Hcy darajasini nazorat qilish orqali neyronlarni oksidlovchi shikastlanish va mitoqondrial disfunktsiyadan himoya qiladi. Gipergomotsisteinemiya bilan bog'liq xavfni kamaytirish NK ning oldini olishda muhim profilaktik yo'nalish hisoblanadi.

2. **Immunomodulyatsion Strategiya:** D vitamini kuchli gormon-vitamin bo'lib, immun tizimda yallig'lanishni kuchli inhibe qiladi va immun tolerantlikni rag'batlantiradi. Uning Treg hujayralarini faollashtirish qobiliyati uni otoimmun kasalliklar, ayniqsa Ko'p skleroz kabi holatlarni boshqarish uchun yangi avlod terapevtik analoglarini ishlab chiqishda asosiy maqsadga aylantiradi.

3. **Metodologik Talab:** Ushbu murakkab klinik bog'liqliklarni o'rganish uchun LC-MS/MS kabi yuqori sezgir va tanlovchan analitik texnikalar zarurdir. Tahlil texnikalaridagi yangi yutuqlar vitaminlarning aniq klinik statusini baholash orqali diagnostika va terapevtik monitoringning sifatini oshiradi.

4. **Epigenetik ergulyatsiya:** B guruhi vitaminlari faqat kofaktorlikdan tashqari, S-adenozilmetionin (SAM) orqali DNK metillanishini va gistone modifikatsiyasini boshqaruvchi epigenetik modulyatorlar hisoblanadi [10]. B vitaminlari yetishmovchiligida yuzaga keladigan SAM tanqisligi neyronlar funksiyasi uchun muhim genlarning ifodasini buzib, neyrodegenerativ jarayonlarga genetik moyillikni kuchaytiradi.

5. **D Vitaminining lokal immun mexanizmi:** D vitamini immunomodulyatsiyasi faqat tizimli emas, balki mahalliy immun hujayralar darajasida sodir bo'ladi. Makrofaglar va dendritik hujayralar kabi immun hujayralari CYP27B1 fermenti yordamida nafaol D vitaminini faol shaklga o'tkazish qobiliyatiga ega. Bu lokal faollashuv, ayniqsa, antimikrob peptidlar ishlab chiqarishni rag'batlantirish orqali tug'ma immunitetni kuchaytiradi.

6. **Analitik Interferentsiya xavfi:** Klinik amaliyotda an'anaviy immunoassalar (ELISA) vitaminlarni, ayniqsa D vitaminini o'lchashda, turli metabolitlarga nisbatan o'zaro reaktivlik tufayli noto'g'ri yuqori natijalar berishi mumkin. Bu diagnostik xatolarning oldini olish uchun LC-MS/MS kabi yuqori tanlovchan texnikalarga o'tish klinik tadqiqotlar uchun majburiy hisoblanadi.

7. **Terapevtik analoglar strategiyasining kelajagi:** D vitamini analoglarining rivojlanishi kalsiysiz immunoterapiya yo'nalishidagi katta qadamdir. Bu analoglar VDR faollashuvini maqsadli immunomodulyatsion yo'llarga yo'naltirib, D vitaminining giperkalsemiya kabi nojo'ya ta'sirlarini chetlab o'tishga imkon beradi. Bu otoimmun kasalliklarni uzoq muddatli va



xavfsiz davolash uchun yangi yo'l ochadi. 8.Tahlil Texnikalarining Birlashishi: Kelajakdagi vitamin tahlili ko'p vitaminli profillarni bir vaqtda yuqori tezlikda o'lchashga qaratilgan gibrid usullarni talab qiladi. LC-MS/MS ning yuqori aniqligi Kapillyar Elektroforez (CE) ning tezligi va kam namuna talab qilish afzalliklari bilan birlashishi, vitamin statusini klinik diagnostikada tezkor va iqtisodiy jihatdan samarali baholash uchun muhimdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

- 1.Lower water-soluble vitamins and higher homocysteine are associated with neurodegenerative diseases. Scientific Reports, 2025.
- 2.Vitamin D and its analogs in immune system regulation. Pharmacological Research, 2024.
- 3.Recent advances in detection techniques for vitamin analysis: A comprehensive review. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 2025.
4. The role of Homocysteine in neurovascular dysfunction and cognitive decline. Journal of Nutritional Biochemistry, 2025.
- 5.Deficiency of water-soluble vitamins and increased neurotoxicity: A meta-analysis. Nutritional Neuroscience, 2025.
6. $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ effects on T-lymphocyte differentiation and function in autoimmune disorders. Frontiers in Immunology, 2024.
- 7.Vitamin D analogs as potential therapeutic agents for Multiple Sclerosis and Rheumatoid Arthritis. The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology, 2024.
8. Applications of LC-MS/MS for simultaneous quantification of fat-soluble vitamins and their metabolites in human plasma. Clinical Chemistry, 2025.
9. Progress in the use of Capillary Electrophoresis (CE) for the separation and detection of B-group vitamins. Electrophoresis, 2025.
10. Folate and Vitamin B12 status and methylation pathways: Implications for Alzheimer's disease. Ageing Research Reviews, 2025.
11. Vitamin D Receptor (VDR) expression and its role in modulating innate immune responses in macrophages. Immunobiology, 2024.
12. Comparison of Immunoassays (ELISA) versus Mass Spectrometry methods for $25(\text{OH})\text{D}$ measurement: Accuracy and cross-reactivity issues. The Clinical Biochemist Reviews, 2025.
13. Pyridoxine (Vitamin B6) as a cofactor in the Transsulfuration pathway and its relevance to neurodegeneration. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2025.
14. The Vitamin D Endocrine System and the regulation of inflammatory cytokine profiles. Cytokine & Growth Factor Reviews, 2024.
15. Strategies for sample preparation in vitamin analysis: Enhancing the performance of modern chromatographic techniques. Analytica Chimica Acta, 2025.