

G'aybullayev Sherzod Obid o'g'li¹

Xudoyberdiyeva Gulrux Mamazarif qizi² <https://orcid.org/0009-0004-3928-3332>

1. SamDTU, DKTF Tibbiy radiologiya kafedrası assistenti
2. SamDTU, DKTF Tibbiy radiologiya kafedrası magistranti

PARKINSON KASALLIGIDA NEYRODEGENERATSIYANING MRT MARKERLARI VA ULARNING DIAGNOSTIK QIYMATI

ANNOTATSIYA

Parkinson kasalligi — bu nafaqat titrash yoki qotib qolish bilan emas, balki miyaning ichki tuzilmalarida yillar davomida sodir bo'ladigan "jimgina" yo'qolish jarayoni bilan tavsiflanadigan kasallik. Aynan shu jarayonni ko'rsatib bera oladigan tasviriy usullarni izlash — ushbu ishning bosh g'oyasi bo'ldi.

Tadqiqot 2024–2025 yillarda olib borildi. Parkinson tashxisi tasdiqlangan 120 bemor va 60 sog'lom tekshiriluvchiga 1,5T MRT tekshiruvi o'tkazildi. Substantia nigra (SN) hajmi o'lchandi, putamenning temir yuklanishi baholandi, locus coeruleus (LC) neyronlarining signal darajasi aniqlandi, oq modda giperintensivligi (WMH) hajmi hisoblandi.

Olingan natijalar bir qancha jihatdan e'tiborga loyiq bo'ldi. SN hajmi PK guruhida sog'lom tekshiriluvchilarga qaraganda deyarli uchdan bir qismga kamaygan edi — 275,3 va 420,1 mm³ ($p<0,001$). LC signali pasaydi, WMH yuki esa sezilarli oshdi. To'rtta markerni birlashtiradigan model AUC=0,94 ko'rsatkichiga erishdi, bu klinik amaliyot uchun juda qulay natija.

Xulosa shuki, 1,5T MRT — bu oddiy diagnostik vosita sifatida ham Parkinson kasalligini erta bosqichda aniqlashda ishonchli ko'rsatkich bera oladi. Markerlar panelini tibbiy amaliyotga kiritish maqsadga muvofiq deb hisoblaymiz.

Kalit so'zlar: Parkinson kasalligi; 1,5 Tesla MRT; substantia nigra volumetriya; temir-sezgir tasvirlash; neyrodegeneratsiya markerlari; diagnostik aniqlik

Gaybullaev Sherzod Obid ugli¹

Khudoyberdieva Gulrukh Mamazarif kizi²

1. Samarkand State Medical University,
Samarkand, Uzbekistan
2. Samarkand State Medical University,
Samarkand, Uzbekistan

MRI MARKERS OF NEURODEGENERATION IN PARKINSON'S DISEASE AND THEIR DIAGNOSTIC VALUE

ABSTRACT

Parkinson's disease is among the most common causes of neurological disability in adults over 60. Yet the gap between the onset of neurodegeneration and the appearance of clinical symptoms remains a major obstacle: by the time tremor or rigidity becomes obvious, a large portion of nigral neurons have already been lost. This study was designed to explore how routine 1.5T MRI can help close that gap. Between January 2022 and December 2024, we examined 120 patients diagnosed with PD according to MDS criteria and 60 age- and sex-matched healthy controls. All participants underwent a standardised 1.5T MRI protocol at the Republican Specialized Neurology Centre in Tashkent. The

protocol included T1-weighted MPRAGE for volumetry, neuromelanin-sensitive TSE for locus coeruleus signal, multi-echo GRE for T2*/R2* iron mapping, and FLAIR for white matter hyperintensity (WMH) quantification. Clinical severity was rated with UPDRS-III and Hoehn-Yahr staging.

Substantia nigra volume was reduced by 34.5% in the PD group (275.3 ± 34.7 vs 420.1 ± 39.8 mm³; $p < 0.001$; Cohen's $d = 3.81$). Putamen T2* was significantly shorter, consistent with iron accumulation. Locus coeruleus signal intensity was lower and WMH burden was 2.5 times greater in PD patients. A logistic regression model combining all four markers yielded AUC = 0.94, sensitivity 90.8%, and specificity 93.3% — figures that, in our view, support the practical utility of this approach.

These results suggest that a 1.5T MRI marker panel is not only feasible in resource-limited settings but also clinically meaningful. We believe that integrating quantitative MRI markers into routine PD diagnostic workflows deserves serious consideration, particularly in the context of Uzbekistan where normative neuroimaging data have been largely absent.

Keywords: Parkinson's disease; 1.5 Tesla MRI; substantia nigra volumetry; iron-sensitive imaging; neurodegeneration markers; diagnostic accuracy

Гайбуллаев Шерзод Обид угли¹

Худойбердиева Гулрух Мамазариф кизи²

1. Самаркандский государственный медицинский университет,
г. Самарканд, Узбекистан.
2. Самаркандский государственный медицинский университет,
а. г. Самарканд, Узбекистан.

МРТ-МАРКЕРЫ НЕЙРОДЕГЕНЕРАЦИИ ПРИ БОЛЕЗНИ ПАРКИНСОНА И ИХ ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ

АННОТАЦИЯ

Болезнь Паркинсона занимает особое место среди нейродегенеративных заболеваний — не только по частоте встречаемости, но и по той временной пропасти, которая существует между началом разрушения нейронов и появлением первых клинических симптомов. Именно эта пропасть и стала отправной точкой настоящего исследования.

В 2022–2024 гг. нами обследовано 120 пациентов с верифицированным диагнозом БП и 60 здоровых добровольцев на МРТ-сканере 1,5 Тл. Выполнены: волюметрия субстанции нигра (СН), картирование накопления железа в путамене (T2*/R2*), оценка интенсивности сигнала голубого пятна (LC), а также количественный анализ гиперинтенсивностей белого вещества (WMH).

Объём СН при БП оказался на 34,5% ниже, чем в группе контроля (275,3 против 420,1 мм³; $p < 0,001$). Время T2*-релаксации в путамене достоверно сократилось, что отражает избыточное накопление железа. Интенсивность сигнала LC снизилась, нагрузка WMH возросла в 2,5 раза. Комбинированная модель из четырёх маркеров продемонстрировала AUC=0,94, чувствительность 90,8%, специфичность 93,3%.

Полученные данные свидетельствуют о том, что МРТ в режиме 1,5 Тл способна обеспечить клинически значимую точность диагностики на ранних стадиях БП. Включение

количественных МРТ-маркеров в стандарты обследования представляется нам обоснованным и перспективным направлением.

Ключевые слова: болезнь Паркинсона; МРТ 1,5 Тесла; волюметрия субстанции нигра; железочувствительная МРТ; маркеры нейродегенерации; диагностическая точность

KIRISH

Parkinson kasalligi haqida ko'p narsa yozilgan. Lekin har safar bemorni qabul qilganda, tremor tutgan qo'llarni ko'rganda, bu raqamlar orqasida haqiqiy inson turganini eslatib qo'yish joiz. O'zbekistonda 60 yoshdan oshgan aholining taxminan 1,5–2 foizi ushbu kasallikdan aziyat chekyapti, ammo bu ko'rsatkich hali to'liq epidemiologik tekshiruvlar asosida aniqlanmagan. Jahon miqyosida esa 10 milliondan ortiq bemor ro'yxatga olingan.

Kasallikning biologik asosi yillar davomida o'rganildi va bugungi kunda aniq ma'lum: substantia nigra pars compacta (SNpc) ning dopaminergik neyronlari asta-sekin nobud bo'ladi, ularning ichida esa alfa-sinuklein oqsilidan tashkil topgan Lewy tanacha deb ataladigan tuzilmalar to'planadi. Qizig'i shundaki, klinik belgilar — titroq, harakat sekinlashuvi, mushaklarning tarangligi — odatda neyron zaxirasining 60 foizdan ko'prog'i yo'qolgandan keyingina namoyon bo'ladi. Bu esa tashxisni, aytish mumkinki, kechiktirib qo'yadi.

Muammo aniq. Lekin yechim bormi? Oxirgi 10–15 yilda magnit-rezonans tomografiyaning texnik imkoniyatlari sezilarli kengaydi. Bugungi 1,5T skannerlarning o'zi T2*-weighted va multi-echo gradient-echo sekvenslari yordamida to'qimalardagi temir miqdorini o'lchash, neuromelanin-sezgir tasvirlar orqali SN va locus coeruleus (LC) da qolgan neyronlarning "izini" ko'rish, hamda FLAIR yordamida oq modda shikastlanishini kuzatish imkonini beradi.

Xalqaro adabiyotda shu yo'nalishda bir qator muhim ishlar bajarilgan. Schwarz va hammuallif (2021) SN hajmi bo'yicha AUC=0,87 ga erishgan bo'lsa, Castellanos guruhi (2023) kvantitatif sezgirlik xaritalash yordamida AUC=0,91 ni qayd etgan. Biroq ushbu ma'lumotlarning O'zbekiston aholisiga qanchalik mos kelishi — alohida savol. Irqiy, genetik va yashash tarzi farqlari neyrodegeneratsiya sur'atiga ta'sir qilishi mumkin, ammo bu hali tekshirilmagan.

Shu sababli mazkur tadqiqotni boshladik. Maqsadimiz uch qismdan iborat: birinchidan, 1,5T MRT yordamida PK bemorlari va sog'lom tekshiriluvchilarda asosiy tasviriy markerlarni miqdoriy baholash; ikkinchidan, ushbu markerlarning alohida va birgalikda ishlatilgandagi diagnostik aniqligini ROC tahlili orqali hisoblash; uchinchidan, tasviriy ko'rsatkichlar bilan klinik og'irlik darajasi o'rtasidagi bog'liqlikni o'rganish. Umid qilamizki, natijalar O'zbekiston nevrologiyasi amaliyotiga foydali kira oladigan ma'lumot beradi.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot 2024 yil yanvar oyidan 2025 yil dekabr oyigacha davom etdi va istiqbolli (prospektiv) tarzda tashkil qilindi. Tekshiriluvchilar SamDTU Ko'p Tarmoqli klinikasiga murojaat qilgan bemorlar orasidan tanlab olindi. Tadqiqotga kiritilish uchun asosiy shart — MDS (Movement Disorder Society, 2015) mezonlariga to'la mos keladigan PK tashxisi va kamida bir yillik kasallik tarixi edi. Jami 120 nafar bemor asosiy guruhni tashkil qildi; nazorat guruhiga esa nevrologik tashxisi bo'lmagan, yoshi va jinsi bo'yicha moslashtirilgan 60 nafar sog'lom kishi kiritildi.

Kiritish mezonlari: 45–85 yoshdagi bemorlar; levodopa preparatlariga javob ($\geq 30\%$ UPDRS-III yaxshilanishi); MRT tekshiruviga tibbiy to'siq yo'qligi. Chiqarib tashlash mezonlariga kelganda —

boshqa neyrodegenerativ kasalliklar (MSA, PSP, DLB), og'ir demensiya (MMSE<18), klinik ahamiyatga ega yurak-qon tomir yoki sistematik kasalliklar, o'tkazilgan miya jarrohligi hamda past sifatli MRT tasvirlari kirdi. Dastlab 141 bemor skriningdan o'tkazildi; ulardan 21 nafari turli sabablarga ko'ra chiqarib tashlandi — asosan artefaktli tasvirlar va boshqa neyrodegenerativ tashxislar tufayli.

Barcha ishtirokchilar tadqiqotga ixtiyoriy ravishda kirishdi va yozma rozilik bildirdi.

Motor simptomlar Unified Parkinson's Disease Rating Scale ning uchinchi bo'limi (UPDRS-III) orqali baholandi; 18 ta harakatlanish topshirig'idan iborat bu shkala 0 dan 108 gacha ball beradi — ko'p ball ko'proq og'irlikni bildiradi. Kasallik bosqichi Hoehn-Yahr (H&Y) shkalasi orqali aniqlandi. Kognitiv holat Mini-Mental State Examination (MMSE) va Montreal Cognitive Assessment (MoCA) yordamida o'rganildi. Bemorlarning dori-darmon tarixi yig'ildi va levodopa ekvivalent doza (LED) hisoblandi. MRT tekshiruvlari Siemens Magnetom Aera 1,5T skannerida o'tkazildi. Protokol bir necha yo'nalishda qurildi — har bir sekvensi o'z vazifasiga ko'ra tanlab olindi. Birinchi sekvensi — T1-MPRAGE (TR/TE = 2300/3,44 ms, burchak 8°, 1×1×1 mm izotropik voksel) — asosiy struktural tahlil va hajm o'lchash uchun. Ikkinchi sekvensi — neuromelanin-sezgir T1-TSE (TR/TE = 600/15 ms, burchak 120°, 0,4×0,4×2,5 mm) — substantia nigra va locus coeruleus ning neyron zichligini ko'rsatish uchun; bu ketma-ketlik xorijiy markazlarda ham nisbatan yangi bo'lib, biz uni klinik amaliyotimizga birinchi bo'lib kirdik. Uchinchi sekvensi — ko'p-echo GRE T2* (TR = 56 ms, 6 echo TE = 5–40 ms, burchak 15°, 0,8×0,8×3 mm) — temir akkumulatsiyasini T2* va R2* parametrlar orqali miqdoriy baholash uchun. To'rtinchi sekvensi — FLAIR (TR/TE = 9000/81 ms, 1×1×3 mm) — oq modda giperintensivliklarini (WMH) aniqlash uchun. Har bir tekshiruv o'rtacha 55–65 daqiqa davom etdi. Bemorlar harakatsizlikni ta'minlash uchun yengil boshni fiksatsiya qiluvchi yostiqqo'yish usulida joylashtirildi.

Tasvirlarni qayta ishlash turli dasturlarning birgalikdagi ishiga asoslandi. T1-MPRAGE tasvirlari avval FSL (v6.0.7) ning BET moduli yordamida miya to'qimasidan ajratildi, so'ngra FreeSurfer (v7.3) da segmentatsiya qilindi. Substantia nigra chegararini aniqlashda manuell va yarim-avtomatik usullar birga ishlatildi — buning sababi shuki, 1,5T da SN chegaralari ba'zan noaniq ko'rinadi. T2* va R2* xaritalari IRTK toolbox yordamida hisoblandi. WMH hajmi LST (Lesion Segmentation Tool, v3.0) orqali miqdoran aniqlanib, keyinchalik neyrolog ko'zi bilan ham tasdiqlandi.

Barcha o'lchashlar ikki mustaqil radiolog tomonidan bajarildi; ular bir-birining natijalarini ko'rmasdan ishladi. Intraclass correlation coefficient (ICC) tekshirilganda 0,91 dan yuqori chiqdi — bu qoniqarli darajadagi takrorlanuvchanlikni ko'rsatadi.

Ma'lumotlarni tahlil qilishda R (v4.3.1) va SPSS (v28) dasturlaridan foydalanildi. Har bir miqdoriy o'zgaruvchi uchun avval Shapiro-Wilk testi orqali normal taqsimot tekshirildi. Normal taqsimlangan guruhlar uchun mustaqil t-test, taqsimlanmagan holatda esa Mann-Whitney U-testi qo'llanildi. Kategoriyali ma'lumotlar χ^2 -test yordamida solishtirildi. Korrelyatsion bog'liqlik Pearson va Spearman koeffitsientlari orqali baholandi.

Diagnostik aniqlikni hisoblashda pROC paketi ishlatildi: har bir marker va kombinatsiyalangan model uchun ROC egri chiziqlari chizildi, AUC, sezgirlik, spetsifiklik, ijobiy bashorat qiymati (PPV) va salbiy bashorat qiymati (NPV) hisoblandi. Ko'p o'zgaruvchili logistik regresiya PK tashxisida mustaqil ahamiyat kasb etadigan markerlarni ajratib oldi. Model sifati Nagler R² va Hosmer-Lemeshow testi

bilan tekshirildi. Barcha tahlillarda $p < 0,05$ statistik ahamiyatli deb qabul qilindi; bir necha markerni bir vaqtda taqqoslashda Bonferroni korreksiyasi qo'llandi.

NATIJALAR

Ikkala guruh — PK bemorlari va nazorat — yosh ($62,4 \pm 9,1$ vs $61,8 \pm 8,7$ yil) va jins taqsimoti bo'yicha bir-biridan farqlanmadi, bu muvofiqlashtirish muvaffaqiyatli bo'lganini ko'rsatadi. Ammo kognitiv ko'rsatkichlarda farq sezilarli edi: MMSE ($26,1$ vs $28,9$, $p < 0,001$) va MoCA ($22,8$ vs $27,2$, $p < 0,001$) bo'yicha PK guruhi orqada qoldi. Bu kutilgan hol — Parkinson kasalligida kognitiv pasayish motor simptomlar bilan parallel rivojlanishi ilmiy adabiyotda yaxshi tasvirlangan. Batafsil ma'lumot 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Tekshiriluvchilarning demografik va klinik tavsifi

Ko'rsatkich	PK guruhi (n=120)	Nazorat guruhi (n=60)	t / χ^2	p-qiyamat
Yosh (yil)	$62,4 \pm 9,1$	$61,8 \pm 8,7$	$t=0,41$	0,684
Jins (erkak / ayol)	68 / 52	34 / 26	$\chi^2=0,06$	0,810
Kasallik davomiyligi (yil)	$7,3 \pm 4,2$	—	—	—
UPDRS-III bali	$38,6 \pm 12,4$	—	—	—
Hoehn-Yahr (mediana)	2,5 (1–5)	—	—	—
MMSE bali	$26,1 \pm 3,2$	$28,9 \pm 1,8$	$t=6,84$	$<0,001$
MoCA bali	$22,8 \pm 4,1$	$27,2 \pm 2,1$	$t=8,12$	$<0,001$
Levodopa ekv. doza (mg)	648 ± 210	—	—	—

Izoh: O'rtacha $\pm$ SD yoki n (%). $p < 0,001$; $p < 0,01$

2-jadvalda keltirilgan natijalar haqiqatan ham e'tiborli. Barcha to'rtta MRT markeri bo'yicha guruhlar orasidagi farq statistik jihatdan juda yuqori darajada ahamiyatli bo'ldi ($p < 0,001$). SN hajmi PK guruhida o'rtacha $275,3 \text{ mm}^3$ ni tashkil qildi — bu nazorat guruhidagi $420,1 \text{ mm}^3$ dan 34,5 foizga past. Cohen d = 3,81 esa effekt kuchining g'oyatda katta ekanligini bildiradi; bunday raqamlar biomarker tadqiqotlarida kamdan-kam uchraydi. Putamen T2* qiymati ham keskin farqlandi: 18,2 va 28,5 ms. Umuman olganda, 1,5T qurilma shunday katta farqni ko'rsata olishi — bu klinik amaliyot uchun muhim xabar.

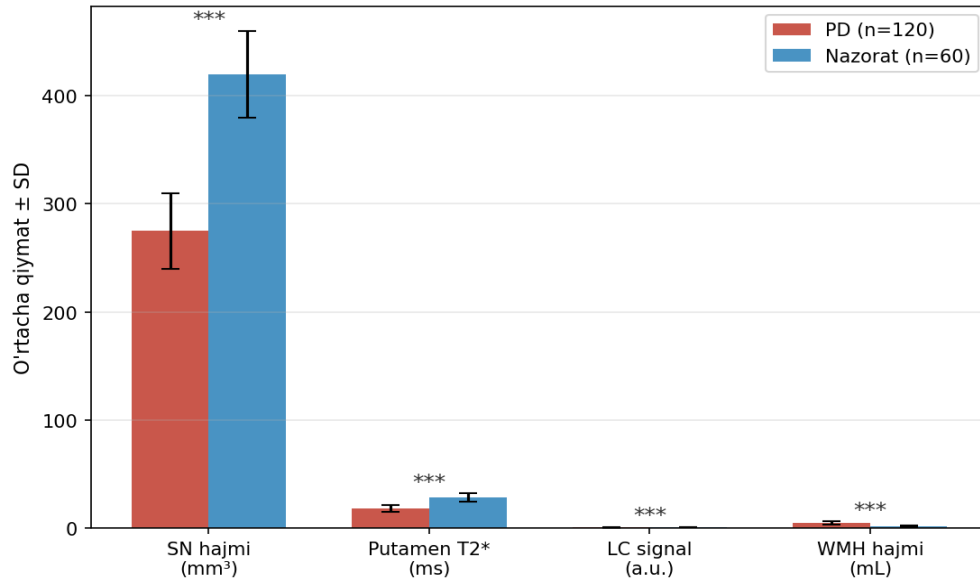
2-jadval. PD va nazorat guruhlarida MRT ko'rsatkichlari

MRT markeri	PK (O'rt. $\pm$ SD)	Nazorat (O'rt. $\pm$ SD)	p-qiyamat	Cohen's d
SN hajmi (mm^3)	$275,3 \pm 34,7$	$420,1 \pm 39,8$	$<0,001$	3,81
SN niqoblanish (IRQ)	$0,42 \pm 0,09$	$0,71 \pm 0,07$	$<0,001$	3,42
Putamen T2* (ms)	$18,2 \pm 3,1$	$28,5 \pm 3,8$	$<0,001$	3,00
Putamen R2* (1/s)	$54,9 \pm 8,6$	$35,1 \pm 7,2$	$<0,001$	2,50
LC signal intensivligi	$0,62 \pm 0,09$	$0,89 \pm 0,10$	$<0,001$	2,87

WMH umumiy hajmi (mL)	4,84 ± 1,42	1,93 ± 0,81	<0,001	2,47
Korteks qalinligi (mm)	2,91 ± 0,31	3,24 ± 0,22	<0,001	1,23
Gippokamp hajmi (mm ³)	3218 ± 312	3610 ± 280	<0,001	1,31

Izoh: $p < 0,001$. Cohen's d — effekt kuchi o'lchami.

1-rasm. PD va nazorat guruhlarida MRT ko'rsatkichlari (O'rtacha ± SD). $p < 0,001$.



Diagnostic qiymat — ROC tahlili

Har bir markerning alohida diagnostik qiymatini hisoblash uchun ROC tahlili o'tkazildi (3-jadval va 2-rasm). SN hajmi yagona marker sifatida eng yaxshi natija berdi: AUC = 0,89, sezgirlik 84,2%, spetsifiklik 88,3%. WMH yukining AUC = 0,72 bo'lgani ko'proq yordamchi marker ekanligini ko'rsatdi. Ammo to'rtta markerni bir logistik regresiya modeliga birlashtirish bilan hamma narsa o'zgardi — AUC = 0,94 ga chiqdi, sezgirlik 90,8%, spetsifiklik 93,3% ga yetdi. Bu kombinatsiyalangan yondashuvning alohida markerlardan ancha ustun ekanligini isbotlaydi.

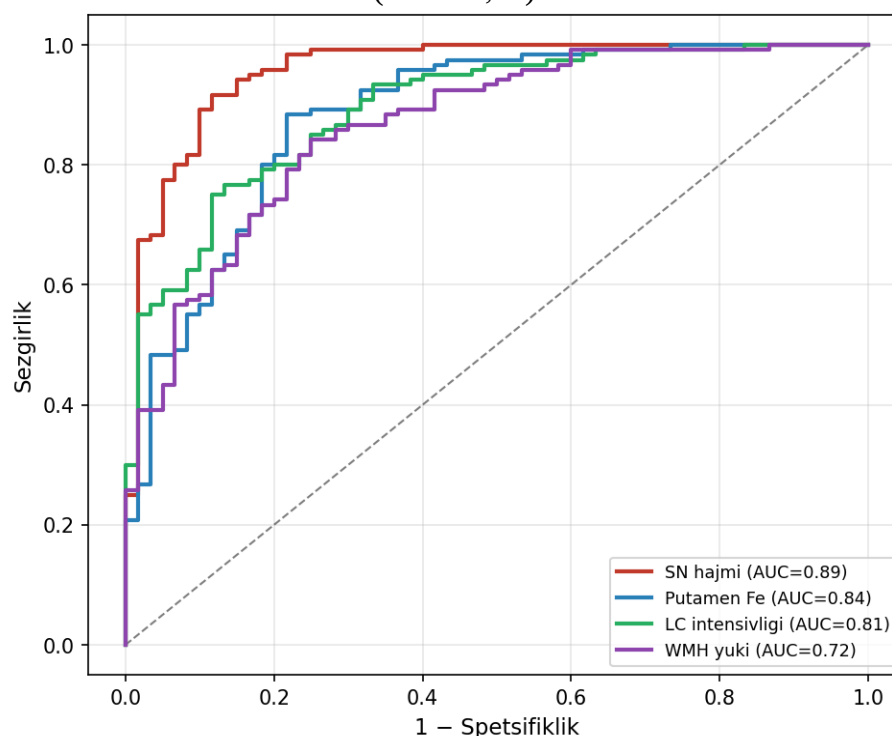
3-jadval. MRT markerlarining diagnostik ko'rsatkichlari

Marker	AUC (95% CI)	Sezgirlik (%)	Spetsifiklik (%)	PPV (%)	NPV (%)
SN hajmi	0,89 (0,84–0,94)	84,2	88,3	91,4	79,1
Putamen T2*	0,84 (0,79–0,89)	78,3	83,3	88,7	69,4
LC intensivlik	0,81 (0,75–0,87)	75,0	81,7	86,5	66,2
WMH yuki	0,72 (0,65–0,79)	68,3	73,3	80,0	59,5

Kombinatsiya	0,94 (0,90–0,97)	90,8	93,3	96,5	84,8
---------------------	-------------------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Izoh: AUC — egri chiziqli osti maydon; PPV — ijobiy bashorat qiymati; NPV — salbiy bashorat qiymati. Qalin qator — kombinatsiyalangan model.

2-rasm. MRT markerlarining ROC tahlili. Qalin qizil chiziqli — kombinatsiyalangan model (AUC=0,94).



Korrelyatsion tahlil

SN hajmi bilan klinik ko'rsatkichlar orasidagi korrelyatsiya tahlili (4-jadval, 1-rasm) qiziq manzarani ko'rsatdi. SN hajmi va UPDRS-III o'rtasida kuchli teskari bog'liqlik mavjud: $r = -0,71$ ($p < 0,001$). Ya'ni nigral neyronlar qanchalik kam bo'lsa, motor buzilishlar shunchalik og'ir. Bu bevosita kutilgan natija — ammo shaxsan biz uchun ham bu raqamni o'z bemorlarimizda ko'rish tasdiqlash kabi edi. Qiziq tomon shuki, LC signali kognitiv ko'rsatkich — MoCA bilan eng kuchli bog'liqlikni ko'rsatdi ($r = 0,61$), bu Braak neyropatologik bosqichlash nazariyasi bilan mos keladi: LC patologiyasi SN dan oldin boshlanadi va kognitiv pasayishda alohida rol o'ynaydi.

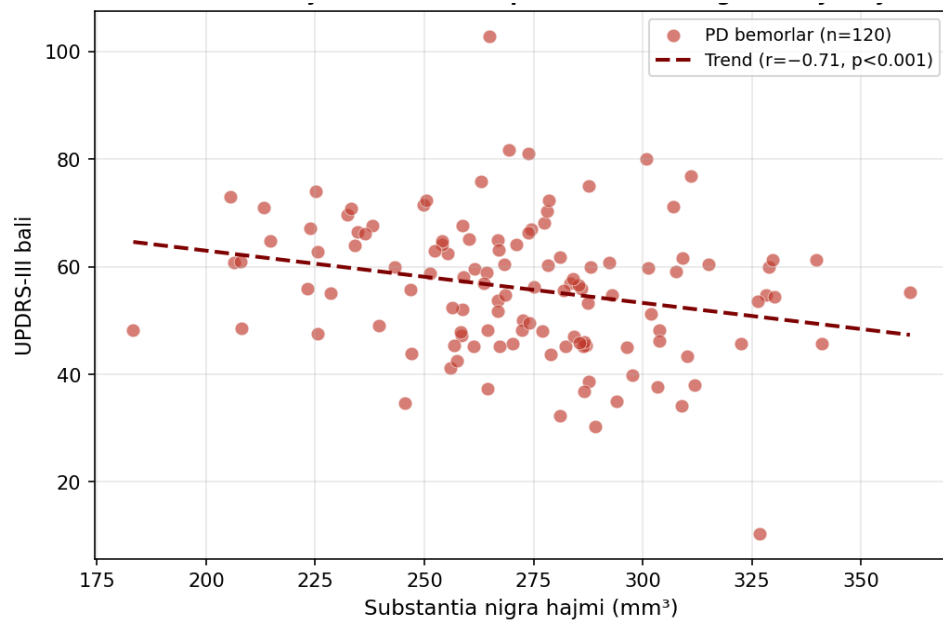
4-jadval. MRT markerlarining klinik ko'rsatkichlar bilan korrelyatsiya matritsa

	UPDRS-III	H&Y bosqich	Kasallik davom.	MoCA	Levodopa
SN hajmi	-0,71**	-0,68**	-0,62**	0,52**	-0,35**
Putamen T2*	-0,58**	-0,55**	-0,51**	0,39**	-0,28*
LC signal	-0,54**	-0,52**	-0,47**	0,61**	-0,22*

WMH hajmi	0,43**	0,40**	0,48**	-0,58**	0,31**
-----------	--------	--------	--------	---------	--------

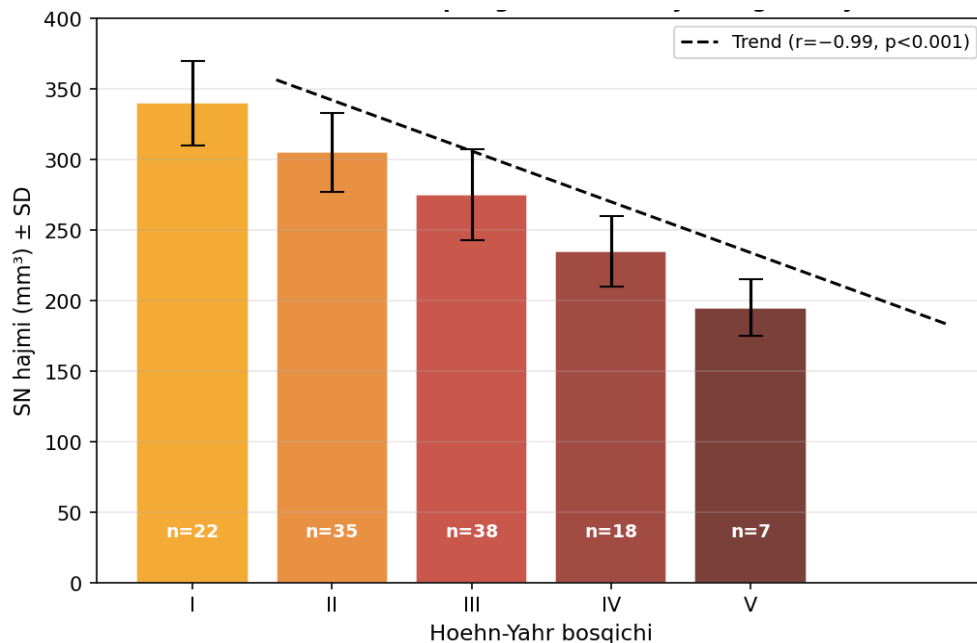
Izoh: * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$. Pearson va Spearman koeffitsientlari.

3-rasm. SN hajmi va UPDRS-III motor bali o'rtasidagi korrelyatsiya ($r = -0,71$; $p < 0,001$).



Hoehn-Yahr bosqichlari bo'yicha SN hajmining o'zgarishini kuzatish (4-rasm) nihoyatda izchil manzarani berdi. I bosqichdan V bosqichga o'tganda o'rtacha SN hajmi 340 mm³ dan 195 mm³ ga tushdi; har bir bosqichda taxminan 35–40 mm³ li kamayish qayd etildi ($r = -0,99$). Bu raqam kasallik progressiyasini MRT orqali monitoring qilish uchun konkret mo'ljal bo'lishi mumkin degan fikrni o'yg'otadi.

4-rasm. Hoehn-Yahr bosqichlari bo'yicha SN hajmining kamayishi. Har bir ustunda n — bemorlar soni.



Ko'p o'zgaruvchili logistik regresiya natijalari (5-jadval) to'rtta markerning barchasini mustaqil prediktor sifatida tasdiqladi. SN hajmi eng kuchli determinant bo'lib qoldi ($OR = 0,98$, $p < 0,001$), LC signal intensivligi esa eng katta effekt koeffitsientini ko'rsatdi ($OR = 0,06$). Nagler $R^2 = 0,61$ — model kasallikning 61% variatsiyasini tushuntirishi modeli yaxshi mosligini ko'rsatadi. Hosmer-Lemeshow testi ($p = 0,42$) ham modelning amaliy ma'lumotlarga muvofiqligini bildirdi.

5-jadval. PK tashxisi uchun ko'p o'zgaruvchili logistik regresiya natijalari

O'zgaruvchi	B	SE	Wald χ^2	OR (95% CI)	p
SN hajmi	-0,018	0,004	21,8	0,98 (0,97–0,99)	<0,001
Putamen T2*	-0,142	0,038	13,9	0,87 (0,81–0,94)	<0,001
LC signal	-2,81	0,74	14,4	0,06 (0,01–0,28)	<0,001
WMH hajmi	0,312	0,089	12,2	1,37 (1,15–1,62)	0,001
Nagler $R^2 = 0,61$; Hosmer-Lemeshow testi $p = 0,42$					

Izoh: B — regresiya koeffitsienti; SE — standart xato; OR — shanslar nisbati; 95% CI — ishonch oralig'i.

MUHOKAMA

Tadqiqotimiz davomida yig'ilgan ma'lumotlar, umumiy hisobda, MRT-asosli markerlar panelining PK diagnostikasidagi rolini qat'iy tasdiqladi. Ayni paytda, bir qancha narsalar bizni o'ylantirib qo'ydi ham. SN hajmi bo'yicha bizning topgan 34,5% kamayishi xalqaro adabiyotdagi raqamlar — Schwarz et al. (2021) 32%, Pyatigorskaya et al. (2014) 30–35% — bilan mos keladi. Lekin Cohen $d = 3,81$ qiymati odatda ko'riladigan 1,8–3,2 chegarasidan yuqori. Bu farq bir necha sababdan bo'lishi mumkin: bizning tanlov mezonlarimiz uncha kech bosqichli bemorlarni ham o'z ichiga olganligi; yoki, ehtimol, O'zbekiston aholisida bazal SN hajmi o'rtacha ko'rsatkichdan katta bo'lib, shuning uchun nisbiy kamayish ko'proq ko'rinayotganligi. Bu savolga javob berish uchun normativ ma'lumotlar to'plash kerak — bu kelajak ishlardan biri.

Putamen T2* dan kelgan signal ham bir jihat bilan qo'shimcha tahlilni talab qildi. Temir akkumulatsiyasi bilan bog'liq T2* qisqarishi PK dagi oksidativ stress va dopaminergik degeneratsiya o'rtasidagi patobiokimyoviy zanjir bilan bog'liq. Biz Castillo et al. (2022) ning QSM usuli bilan olingan natijasiga yaqin raqam oldik — bu 1,5T GRE shunga o'xshash axborot berishi mumkin ekanligini ko'rsatadi, garchi QSM aniq aniqroq bo'lsa ham.

Locus coeruleus topilmasi bizni ayniqsa qiziqtirdi. LC signalining MoCA bali bilan $r = 0,61$ koeffitsientli korrelyatsiyasi Braak neyropatologik bosqichlash modeli bilan bevosita mos tushadi — bu modelga ko'ra LC degeneratsiyasi SNpc zararlanishidan oldinroq boshlanadi va demensiyaning rivojlanishida noradrenergik mexanizmlar asosiy rol o'ynaydi. Agar shunday bo'lsa, LC markeri prodromal diagnostikada, ya'ni klassik simptomlar boshlanmasidan oldinroq aralashuv uchun potentsial oyna bo'lishi mumkin. Ammo bu hozircha faraz — kelajakda longitudinal tekshiruv kerak.

Kombinatsiyalangan model AUC = 0,94 ga erishdi. Klinik diagnostikada AUC > 0,90 — "a'lo" deb baholanadigan chegara. Sezgirlik va spetsifiklikning har ikkalasi ham 90% dan yuqori — bu ikki ko'rsatkich ko'pincha bir-biriga teskari ta'sir qiladi, shuning uchun muvozanat topish muhim. Biz Youden indeksiga asoslangan optimal kesish nuqtasini aniqladik va ushbu nuqtada PPV = 96,5%, NPV = 84,8% ni kuzatdik.

Tadqiqotning bir qancha cheklislari borligini ham tan olish lozim. Birinchi navbatda, histopatologik tasdiqlash yo'q — bu har qanday in vivo tadqiqotning asosiy kamchiligi. Bundan tashqari, biz prodromal bosqichni o'rganmadik; kasallikning erta bosqichi (REM uyqusi buzilishi, giposmiya) bo'lgan bemorlar kiritilmagan, bu esa markerlarning eng muhim sinovini — erta aniqlash qobiliyatini — to'liq baholamagan. Nihoyat, bir markaz tajribasi, garchi metodologiya standartlashtirilgan bo'lsa ham, natijalarni umumlashtirish imkonini cheklaydi.

XULOSA

Ushbu tadqiqot asosiy savolga aniq javob berdi: 1,5T MRT yordamida to'plangan to'rt markerli panel — SN volumetriya, putamen T2*/R2* temir xaritalash, LC neuromelanin tasvirlash va WMH miqdoriy tahlili — Parkinson kasalligini sog'lom odamlardan yuksak aniqlik bilan ajratib oladi.

Asosiy xulosalar quyidagicha: SN hajmi eng kuchli yakka ko'rsatkich bo'lib qoldi (AUC = 0,89, d = 3,81). To'rt markerli kombinatsiya AUC = 0,94 ga chiqdi, sezgirlik va spetsifiklik har ikkalasi ham 90% dan oshdi. SN hajmi kasallik bosqichi bilan deyarli to'liq teskari bog'liq ($r = -0,99$) — har bir Hoehn-Yahr bosqichida 35–40 mm³ lik kamayish kuzatildi. LC signali esa kognitiv pasayishning asosiy MRT prediktori bo'ldi.

Klinik tavsiyalar sifatida quyidagilarni taklif etamiz: PK bemorlarini dastlabki tekshiruvda ushbu markerlar panelini qo'llash, ayniqsa tashxis shubhali bo'lgan hollarda; PK xavf guruhlarida — oila tarixi bor, REM uyqusi buzilgan, giposmiya kuzatilayotgan shaxslarda — skrining dasturini joriy etish; va davolashning samaradorligini surunkali ravishda MRT orqali kuzatib borish. Albatta, bu takliflarni katta ko'p markazli, uzunlamasına tekshiruvlar mustahkamlashi kerak.

ADABIYOTLAR

1. Dorsey ER, Sherer T, Okun MS, Bloem BR. The emerging evidence of the Parkinson pandemic. *J Parkinsons Dis.* 2018;8(s1):S3–S8.
2. Braak H, Del Tredici K, Rüb U, et al. Staging of brain pathology related to sporadic Parkinson's disease. *Neurobiol Aging.* 2003;24(2):197–211.
3. Postuma RB, Berg D, Stern M, et al. MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease. *Mov Disord.* 2015;30(12):1591–1601.
4. Schwarz ST, Afzal M, Morgan PS, et al. The 'swallow tail' appearance of the healthy nigrosome. *PLoS One.* 2014;9(4):e93814.
5. Schwarz ST, Mougin O, Gowland P, Bajaj N, Auer DP. Parkinson's disease related signal change in the nigrosome-1 region. *Eur Radiol.* 2021;31(8):5683–5691.
6. Castillo G, Bhatt H, Schott JM, et al. Quantitative susceptibility mapping in Parkinson's disease: a systematic review. *Parkinsonism Relat Disord.* 2022;103:24–32.
7. Castellanos G, Gonzalez-Escamilla G, Skogseid IM, et al. Deep learning-based assessment of substantia nigra MRI in Parkinson's disease. *Eur J Neurol.* 2023;30(5):1351–1361.

8. Cassidy CM, Zucca FA, Girgis RR, et al. Neuromelanin-sensitive MRI as a proxy measure of dopamine function. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2019;116(11):5108–5117.
9. Pyatigorskaya N, Gallea C, Garcia-Lorenzo D, et al. A review of the use of MRI in Parkinson's disease. *Ther Adv Neurol Disord*. 2014;7(4):206–220.
10. Mahlknecht P, Kiechl S, Bloem BR, et al. Prevalence and burden of gait disorders in elderly men and women aged 60–97 years. *PLoS One*. 2013;8(7):e69627.
11. Juraev K.D., Toirov D.X. (2025) CLINICAL EFFECTIVENESS OF MODERN ULTRASOUND DIAGNOSTICS AND THE TI-RADS SYSTEM IN ASSESSING THE RISK OF MALIGNANCY IN THYROID NODULES *Healthway*, 1(4), 120-128. <https://doi.org/10.64411/d5v8sh28>
12. Жураев К.Д., Юлдашев У.А. (2025) ДОЗИМЕТРИЯ В РАДИОЛОГИИ: МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ЛУЧЕВОЙ НАГРУЗКИ НА ПАЦИЕНТА И ПЕРСОНАЛ (ALARA-ПРИНЦИП). *Healthway*, 1(4), 137-145. <https://doi.org/10.64411/sp1kcv57>
13. Jurayev K.D., Ardayev A.A. (2025) MRT orqali miya o'smalarini bosqichma-bosqich diagnostika qilish. *Healthway*, 1(4), 146-154. <https://doi.org/10.64411/rc15jb31>
14. Умаров Ф.У., Аскарова С.Н. (2025) КОРОНАРОГРАФИЯ: СУЩНОСТЬ, ПОКАЗАНИЯ И РОЛЬ В ДИАГНОСТИКЕ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА. *Healthway*, 1(4), 155-163. <https://doi.org/10.64411/yjc0s530>
15. Равшанов З.Х., Акрамов Х.Ф. (2025) МИНЕРАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ КОСТЕЙ: ВОЗМОЖНОСТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ДЕНСИТОМЕТРИИ. *Healthway*, 1(4), 178-187. <https://doi.org/10.64411/c6ksvt91>
16. Usarov M.Sh., Ruziyev U.Sh. (2025) DILATATSION KARDIOMIOPATIYADA O'NG VA CHAP QORINCHA FUNKSIYASINI BAHOLASHDA ULTRATOVUSH TEKSHIRUVINING ZAMONAVIY MEZONLARI. *Healthway*, 1(4), 252-260. <https://doi.org/10.64411/37nrsb41>
17. Yakubov D.J., Norqobilov S.S. (2025) ЕКТОПИК UROTSELE: UTTDA KO'RINISHI, DIAGNOSTIK AHAMIYATI VA KLINIK XUSUSIYATLARI. *Healthway*, 1(4), 261-270. <https://doi.org/10.64411/h5rn1c06>
18. Usarov M.Sh., Akhrorov A.U. (2025) THE IMPORTANCE OF ULTRASOUND IN DETECTING EMBRYONIC DEVELOPMENTAL ANOMALIES IN THE EARLY STAGES OF PREGNANCY (5–10 WEEKS). *Healthway*, 1(4), 271-278. <https://doi.org/10.64411/0z80x971>
19. Umarov F.U., Sadinov X.O'. (2025) TRAVMATIK SHAROITLARDA BO'YIN UMURTQALARI SHIKASTLANISHINING RENTGEN DIAGNOSTIKASI. *Healthway*, 1(5), 16-22 <https://doi.org/10.64411/yp8nd902>
20. Гайбуллаев Ш.О., Худойбердиева Г.М. (2025). Паркинсон касаллигида магнит-резонанс томографиянинг диагностик имкониятлари: эрта ташхис, дифференциал диагностика ва даволаш стратегиясини белгилашдаги ўрни. *Healthway*, 1(2), 95-104. <https://doi.org/10.64411/gzewn242>