

1.5 tesla va 3 tesla magnit-rezonans tomografiya tizimlarining klinik qo‘llanilishidagi qiyosiy tahlil

Usarov Muxriddin Shuxratovich

Akramov Hasan Faxriddinovich

Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Samarqand, O‘zbekiston

Annotatsiya

Magnit-rezonans tomografiya (MRT) zamonaviy tibbiy diagnostikaning eng muhim usullaridan biri bo‘lib, so‘nggi yillarda 1.5 Tesla (T) va 3 T apparatlar klinik amaliyotda keng qo‘llanilmoqda. Ushbu maqolada ikkala turdagi MRT tizimlarining texnik xususiyatlari, signal-shovqin nisbati (SNR), kontrast-shovqin nisbati (CNR), fazoviy o‘lchamlari, skanerlash vaqtlari, turli klinik sohalarda (neyroimaging, abdominal, kardiak, muskuloskeletal, prostate) qo‘llanilish samaradorligi, shuningdek, artefaktlar, xavfsizlik va iqtisodiy samaradorlik jihatlari qiyosiy tahlil qilinadi. 3 T tizimlar yuqori SNR, yaxshilangan fazoviy o‘lchamlar va qisqaroq skanerlash vaqtlari kabi afzalliklarga ega bo‘lsa-da, yuqori xarajatlar, artefaktlarga moyillik, RF isishi va implantlari bo‘lgan bemorlar uchun xavfsizlik muammolari mavjud. 1.5 T tizimlar esa iqtisodiy jihatdan tejamkor, artefaktlarga chidamli va implantli bemorlar uchun xavfsizroq bo‘lib, standart diagnostik muolajalar uchun optimal hisoblanadi. Maqolada klinik ehtiyojlarga mos ravishda ikkala tizimni muvozanatli qo‘llash bo‘yicha tavsiyalar berilgan.

Kalit so‘zlar: magnit-rezonans tomografiya, 1.5 Tesla, 3 Tesla, signal-shovqin nisbati, klinik diagnostika, artefaktlar, xavfsizlik.

Kirish

Magnit-rezonans tomografiya (MRT) zamonaviy tibbiy diagnostikaning asosiy ustunlaridan biri bo‘lib, ionlashtiruvchi nurlanishsiz ichki organlar va to‘qimalarning yuqori aniqlikdagi tasvirlarini olish imkonini beradi. MRT fizik asoslari Bloch va Purcell tomonidan yadro magnit-rezonans (NMR) tamoyillari asosida ishlab chiqilgan bo‘lib, keyinchalik doktor Raymond Damadian tomonidan klinik qo‘llanilishga moslashtirilgan.

Hozirgi kunda klinik amaliyotda eng keng tarqalgan ikkita MRT tizimi — 1.5 Tesla (T) va 3 Tesla magnit maydon kuchiga ega apparatlardir. 1.5 T uzoq yillar davomida

“oltin standart” sifatida xizmat qilgan bo‘lsa, 3 T tizimlar so‘nggi o‘n yillikda tobora keng qo‘llanilmoqda. 3 T magnit maydoni 1.5 T ga nisbatan ikki baravar kuchli bo‘lib, bu organizmdagi vodorod yadrolarining ko‘proq qismini magnit maydon bo‘ylab yo‘nalishiga olib keladi va natijada relaksatsiya vaqtida kattaroq xom signal hosil bo‘ladi.

Biroq, magnit maydon kuchining ortishi bilan bir qator texnik va klinik muammolar ham yuzaga keladi. Ushbu maqolada 1.5 T va 3 T MRT tizimlarining texnik xususiyatlari, klinik qo‘llanilishdagi afzalliklari va cheklovlari, shuningdek, iqtisodiy samaradorlik jihatlari qiyosiy tahlil qilinadi.

1. Fizik va Texnik Asoslar

1.1. Signal-shovqin nisbati (SNR)

MRTda tasvir sifati asosan signal-shovqin nisbati (SNR — Signal-to-Noise Ratio) bilan belgilanadi. Nazariy jihatdan, 3 T MRT skanerining SNR ko‘rsatkichi 1.5 T skaneriga nisbatan ikki baravar yuqori bo‘lishi kerak. Biroq, amaliyotda bu nisbat ikki baravarga yetmaydi — 3 T da SNR ortishi T1 relaksatsiya vaqtining uzayishi tufayli (protokol o‘zgartirilmasa) 1.5 T ga nisbatan ikki baravardan kamroq bo‘ladi. Odatda, SNR ortishi T2-vaznli ketma-ketliklarda T1-vaznli ketma-ketliklarga qaraganda ko‘proq namoyon bo‘ladi, chunki uzaroq TR vaqtlari bo‘ylama magnitlanishning to‘liqroq tiklanishiga imkon beradi.

Health Technology Assessment (HTA) tadqiqotida 400 ta miya insult MRT holati tahlil qilinganda, 3 T da SNR sezilarli darajada yuqori (o‘rtacha 20.0 ga nisbatan 17.8; $p < 0.001$) ekanligi aniqlangan.

1.2. Fazoviy o‘lchamlar va kontrast

Yuqori SNR 3 T tizimlarda fazoviy o‘lchamlarni yaxshilash imkonini beradi. 3.0 T skanerlar kulrang va oq moddani farqlash uchun yuqori SNR va yaxshilangan fazoviy o‘lchamlarni ta‘minlaydi. Bu, ayniqsa, nozik anatomik tuzilmalarni (masalan, miya po‘stlog‘i qatlamlari, bo‘g‘imlar xaftasi) baholashda muhim ahamiyatga ega.

3 T da kontrast-shovqin nisbati (CNR) ham yaxshilanadi. Kardiak MRTda olib borilgan tadqiqotda 3.0 T da T1 morfologik va hayotiylik tadqiqotlarida SNR 29% ($p < 0.001$) va CNR 37% ($p < 0.001$) ga oshgani qayd etilgan.

1.3. Skanerlash vaqti

3 T tizimlarning muhim afzalliklaridan biri — skanerlash vaqtini qisqartirish imkoniyatidir. HTA tadqiqotida 3 T da oʻrtacha skanerlash vaqti 10.2 daqiqani tashkil etgan boʻlsa, 1.5 T da bu koʻrsatkich 17.6 daqiqa boʻlgan ($p < 0.001$). 1.5 T dan 3 T ga oʻtgandan keyin oylik skanerlash hajmi 22.5% ga oshgan. Bu, ayniqsa, bemorlar oqimi yuqori boʻlgan markazlarda muhim iqtisodiy afzallik hisoblanadi.

2. Klinik Qoʻllanilishdagi Qiyosiy Tahlil

2.1. Neyroimaging (Miya va Nerv Sistemi)

Neyroimaging sohasi 3 T MRT ning eng katta afzalliklarini namoyish etadigan sohadir. 3 T tizimlar oʻtkir neyroimagingda, ayniqsa insult diagnostikasida yuqori aniqlik va diagnostik ishonchlilikni taʼminlaydi.

Multipl skleroz (MS): Neema va boshqalar (2025) tadqiqotida FLAIR lezyon hajmi (FLLV) 3 T da 1.5 T ga nisbatan sezilarli darajada yuqori boʻlgan ($p=0.01$). 1.5 T FLLV va EDSS (Kengaytirilgan Nogironlik Holati Shkalasi) oʻrtasidagi korrelyatsiya kuchsiz boʻlsa, 3 T FLLV oʻrtacha va sezilarli darajada korrelyatsiya qilgan ($r=0.39$, $p=0.03$). Bu 3 T MS kasalligining prognozini baholashda aniqroq maʼlumot berishini koʻrsatadi.

Funksional MRT (fMRI): 3 T ning afzalliklari funksional MRT, MRA va spin-yorligʻi bilan perfuzion imagingda yaqqol namoyon boʻladi. 3 T yuqori fazoviy oʻlchamlar tufayli miya tuzilmalarining aniqroq chegaralanishini taʼminlaydi va motor paradigmadagi qoʻshimcha aktivatsiya zonalarini aniqlash imkonini beradi.

Chuqur miya stimulyatsiyasi (DBS): 3 T MRT DBS jarrohligida jarrohlik rejalashtirish uchun 1.5 T ga nisbatan ustunliklarga ega. Biroq, nishonga olish aniqligi boʻyicha ikkala maydon kuchi oʻrtasida farq aniqlanmagan.

2.2. Abdominal (Qorin Boʻshligʻi) Imaging

Qorin boʻshligʻi MRTsi 3 T da qator qiyinchiliklarga duch keladi. 3 T abdominal MRTning asosiy afzalligi — yuqori SNR va CNR hisoblanadi, bu fazoviy

o'lchamlarni yaxshilash va tasvir olish vaqtini qisqartirish imkonini beradi. Qorin bo'shlig'ida kontrastsiz va kontrastli qattiq organlar imagingi, MR angiografiya, MR xolangiopankreatografiya va MR spektroskopiya sifati 3 T da yaxshilanadi.

Biroq, 3 T abdominal MRT bir qator texnik muammolarni keltirib chiqaradi:

- **Energiya yutilishining ortishi** (SAR — Specific Absorption Rate)
- **Turg'un to'lqin artefaktlari** (standing wave artifacts)
- **Susseptibilik artefaktlarining kuchayishi**

Kimyoviy siljish artefaktlari 3 T da ikki baravar kattalashadi. Shu bilan birga, suv va yog' o'rtasidagi rezonans chastotasi farqining ortishi MR spektroskopiyada suv va yog' cho'qqilarini yaxshiroq ajratish imkonini beradi.

Homilador ayollarda (ayniqsa, ikkinchi va uchinchi trimestrda) 3 T da turg'un to'lqin va o'tkazuvchanlik artefaktlari kuchli namoyon bo'lgani uchun homila MRTsi odatda 3 T da bajarilmasligi tavsiya etiladi. Shuningdek, ko'p miqdorda astsit suyuqligi bo'lgan bemorlar ham 3 T da tekshiruvga yaxshi mos kelmaydi.

Xulosa qilib aytganda, hozirgi vaqtda 3 T abdominal MRT maqbul skanerlash vaqtida yuqori tasvir sifati bilan bajarilishi mumkin, biroq xarajat samaradorligi jihatidan 1.5 T dan sezilarli ustunlikka ega emas.

2.3. Kardiak (Yurak) Imaging

Yurak MRTsi klinik amaliyotda yurak funksiyasi va anatomiyasini baholashning muntazam usuliga aylangan. 3 T yurak MRTsi 1.5 T ga nisbatan bir qator afzalliklarga ega bo'lsa-da, ayrim cheklovlar ham mavjud.

Funksional cine imaging: Klinik tajribada 3.0 T funksional cine tasvirlar sifati 1.5 T tasvirlariga nisbatan biroz pastroq bo'lgan (3.6 ± 0.7 ga nisbatan 4.2 ± 0.6 , $p < 0.001$). Biroq, SNR va CNR 3.0 T da sezilarli darajada yaxshilangan (SNR 143% o'sish, CNR 108% o'sish, $p < 0.001$).

Perfuzion imaging: 3.0 T perfuzion imagingda SNR (11% pasayish, $p = 0.172$) va CNR (7% pasayish, $p = 0.638$) ning ahamiyatsiz pasayishi kuzatilgan bo'lsa-da, umumiy tasvir sifati sezilarli darajada yaxshilangan (4.6 ± 0.5 ga nisbatan 4.0 ± 0.8 , $p = 0.006$).

Kontrastli MRA va 4D oqim: 3 T sezilarli darajada yuqori SNR ta'minlaydi, bu, ayniqsa, kontrastli MRA va 4D oqim ketma-ketliklari uchun foydali.

Implantlar: Yurak implantlari bo'lgan bemorlar odatda 1.5 T skanerlarga yo'naltiriladi, chunki ularda xavfsiz monitoring mumkin va tasvirlar susseptibilik artefaktlaridan kamroq ta'sirlanadi.

2.4. Muskuloskeletal (Tayanch-harakat) Imaging

Muskuloskeletal MRT 1.5 T dan 3 T ga tez o'tmoqda. 3 T tizimlarda mavjud yuqori SNR kattaroq fazoviy o'lchamlarni ta'minlaydi va muskuloskeletal MRTning diagnostik imkoniyatlarini yaxshilash potensialiga ega.

3 T da suyak, pay, xaftaga va ligament kabi bo'g'im tuzilmalarining SNR, fazoviy o'lchamlari va CNR yaxshilanadi, bu ularni yanada aniqroq ko'rish va radiologik baholash imkonini beradi. 2023 yilda Radiology jurnalida chop etilgan tadqiqot 3 T MRI muskuloskeletal holatlarda diagnostik ishonchni 1.5 T tizimlarga nisbatan 25-40% ga yaxshilaganini ko'rsatgan.

Tizza bo'g'imi shikastlanishlarida 3 T MRI 1.5 T ga nisbatan yaxshi tasvir sifati, anatomik ko'rinish va diagnostik ko'rsatkichlarni ta'minlaydi, ayniqsa nozik xaftaga nuqsonlarini aniqlashda.

2.5. Prostate (Prostata) Imaging

Prostata MRTsi prostata saratoni diagnostikasida muhim o'rin tutadi. PI-QUAL v2 tasvir sifatini baholash tizimidan foydalangan holda olib borilgan tadqiqotda 3 T guruhida qabul qilinadigan tasvir sifatiga ega tekshiruvlar ulushi 1.5 T guruhiga nisbatan sezilarli darajada yuqori bo'lgan (85.8% ga nisbatan 75.2%, $p=0.004$).

Kestirib, artroplastiyadan so'ng prostata MRTsi o'tkazilgan bemorlarda DWI susseptibilik artefaktlari 1.5 T da 3 T ga nisbatan sezilarli darajada kamroq bo'lgan (o'rtacha ball 2.80 ± 0.41 ga nisbatan 2.35 ± 0.93 , $p=0.014$). Bu kestirib, protezlari bo'lgan bemorlarda susseptibilik artefaktlarini kamaytirish uchun 1.5 T skanerlardan foydalanish afzalroq ekanligini ko'rsatadi.

Multiparametrik MRT ma'lumotlarini tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, 1.5 T va 3 T o'rtasida prostata saratoni tasniflash qobiliyatida statistik jihatdan sezilarli farqlar mavjud emas ($p>0.05$).

3. Artefaktlar va Texnik Cheklovlar

3.1. Susseptibilik artefaktlari

Magnit maydon kuchining ortishi susseptibilik artefaktlarining kuchayishiga olib keladi. 3 T MR imagingda susseptibilik artefaktlari hajmi taxminan ikki baravar kattalashadi. Bu, ayniqsa, metall implantlar, qon mahsulotlari yoki havo-to'qima chegaralari yaqinida muammo tug'diradi.

3.2. Kimyoviy siljish artefaktlari

Birinchi turdagi kimyoviy siljish artefaktlari 3 T da ikki baravar kattalashadi. Ikkinchi turdagi kimyoviy siljish artefaktlari hajmi o'zgarmasa-da, ularning vaqt ko'rsatkichlari o'zgaradi.

3.3. Turg'un to'lqin va o'tkazuvchanlik artefaktlari

1.5 T da turg'un to'lqin va o'tkazuvchanlik effektlari odatda kuzatilmaydi. 3 T da bu artefaktlar homilador ayollarda (ikkinchi va uchinchi trimestr) va ko'p miqdorda astsit suyuqligi bo'lgan bemorlarda eng aniq namoyon bo'ladi.

4. Xavfsizlik Masalalari

4.1. RF isishi (SAR)

3 T da yuqori magnit maydon kuchi radiochastota (RF) energiyasining yuqori yutilishiga olib keladi. Bu, ayniqsa, implantlari bo'lgan bemorlar uchun xavfsizlik muammosini keltirib chiqaradi. 3 T MRI ko'plab implantli bemorlar uchun qurilma yorlig'iga ko'ra mavjud emas, chunki yuqori maydon kuchi va RF quvvatining ortishi xavfsizlikka oid xavotirlarni keltirib chiqaradi.

4.2. Implantlar bilan bog'liq cheklovlar

Metall implantlari bo'lgan bemorlar 3 T da MRT tekshiruvidan o'tishlari mumkin, faqat metall o'z ichiga olgan qurilma ushbu maydon kuchida MR-xavfsiz ekanligi isbotlangan bo'lsa. Yurak implantlari bo'lgan bemorlar odatda 1.5 T skanerlarga yo'naltiriladi.

4.3. Shovqin va bemor qulayligi

3 T tizimlar ko'proq shovqin chiqaradi va bemorlarda noqulaylik tug'dirishi mumkin. Texnik xodimlar tomonidan o'tkazilgan so'rovnomada bemor qulayligi bo'yicha 3 T ga nisbatan pastroq baholar qayd etilgan.

5. Iqtisodiy Samaradorlik

5.1. Sotib olish va operatsion xarajatlar

3 T tizimlar 1.5 T ga nisbatan sezilarli darajada yuqori sotib olish va operatsion xarajatlarga ega. Ular kuchaytirilgan elektr infratuzilmasi va sovutish tizimlarini talab qiladi.

5.2. Quvvat iste'moli

HTA tadqiqotida 3 T da quvvat iste'moli va operatsion xarajatlar yuqori ekanligi qayd etilgan.

5.3. Daromadlilik

Yuqori o'tkazuvchanlik (22.5% ga oshgan oylik skanerlash hajmi) va yuqori diagnostik ishonchlilik 3 T ga investitsiyaning umumiy daromadlilikini qo'llab-quvvatlaydi. 3 T tizimlar ilg'or imaging ilovalari uchun mos bo'lsa, 1.5 T platformalar standart diagnostik muolajalar uchun iqtisodiy jihatdan maqbul bo'lib qolmoqda.

6. Klinik Tavsiyalar

Adabiyotlar tahlili va klinik tajribalarga asoslanib, quyidagi tavsiyalarni berish mumkin:

1. 3 T MRT dan foydalanish tavsiya etiladigan holatlar:

- Neyroimaging (insult, MS, fMRI, MRA)
- Muskuloskeletal imaging (ayniqsa, nozik xaftaga va bog'lamlar)
- Prostata saratoni diagnostikasi
- MR spektroskopiya
- Yuqori o'tkazuvchanlik talab qilinadigan markazlar

2. 1.5 T MRT dan foydalanish tavsiya etiladigan holatlar:

- Metall implantlari bo'lgan bemorlar
- Homilador ayollar (ayniqsa, abdominal MRT)
- Ko'p miqdorda astsit suyuqligi bo'lgan bemorlar
- Standart diagnostik muolajalar
- Byudjet cheklangan tibbiy markazlar

3. **Muvozanatli yondashuv:** Ikkala tizimni muvozanatli qo‘llash, 3 T ni ilg‘or neyroimaging protokollariga strategik integratsiya qilish va 1.5 T ni bemorlarning ayrim toifalari uchun saqlab qolish tavsiya etiladi.

Xulosa

1.5 T va 3 T MRT tizimlari o‘rtasidagi tanlov ko‘plab omillarga — klinik vazifa, bemor xususiyatlari, iqtisodiy imkoniyatlar va xavfsizlik talablariga bog‘liq. 3 T tizimlar yuqori SNR, yaxshilangan fazoviy o‘lchamlar va qisqaroq skanerlash vaqtlari kabi muhim afzalliklarga ega bo‘lib, ayniqsa neyroimaging, muskuloskeletal va prostata imaging sohalarida diagnostik imkoniyatlarni kengaytiradi. Biroq, yuqori xarajatlar, artefaktlarga moyillik, RF isishi va implantli bemorlar uchun xavfsizlik muammolari 3 T ning keng qo‘llanilishini cheklaydi. 1.5 T tizimlar esa iqtisodiy jihatdan tejamkor, artefaktlarga chidamli va implantli bemorlar uchun xavfsizroq bo‘lib, standart diagnostik muolajalar uchun optimal hisoblanadi. Kelajakda bobin texnologiyalari va 3 T ga mos yangi ketma-ketliklarning takomillashuvi ushbu tizimlarning klinik qo‘llanilish doirasini yanada kengaytirishi kutilmoqda.

Foydalanilgan Adabiyotlar

1. Marin M., Oprea R., Marin F.-B. A Comparative Evaluation of Technical, Financial, and Imaging Performance Between 1.5 Tesla and 3 Tesla MRI Systems for Clinical Applications. The Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati. Fascicle IX, Metallurgy and Materials Science, 2025; 48(3): 5-9.
2. Shakeela A., Somu G., Priya P.S., Kumar A. Health technology assessment of 3 Tesla vs 1.5 Tesla MRI to evaluate the impact of advanced imaging technology. Society Labs, 2025.
3. Merkle E.M., Dale B.M., Paulson E.K. Abdominal MR imaging at 3T. Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America, 2006; 14(1): 17-26.
4. High field strength magnetic resonance imaging of abdominal diseases. Korean Journal of Radiology.

5. Clinical Experience with 3.0 T MR for Cardiac Imaging in Patients: Comparison to 1.5 T using Individually Optimized Imaging Protocols. Korean Journal of Radiology.
6. High field strength magnetic resonance imaging of cardiovascular diseases. Korean Journal of Radiology.
7. Nakai H., et al. Image quality comparison of 1.5T and 3T prostate MRIs of the same post-hip arthroplasty patients: multi-rater assessments including PI-QUAL version 2. *Abdominal Radiology (NY)*, 2024; 49(11): 3913-3924.
8. Prostate MRI quality assessment using PI-QUAL version 2: Comparative analysis between 1.5 T and 3 T scanners and its association with T-staging agreement. PubMed, 2026.
9. Neema M., et al. FLAIR lesion volume correlation with EDSS at 1.5T and 3T. Harvard University, 2025.
10. High field strength magnetic resonance imaging of musculoskeletal diseases. Korean Journal of Radiology.