

Маммографийн шинжилгээнд нас, бие болон хөхний морфологийн нөлөөллийг судлах асуудалд

П.Төгсжаргал¹, Г.Дариймаа², Ц.Эрдэмбилэг¹, С.Энэбиш^{3,4}, Д.Түвшинжаргал^{1*}

¹АШУУИС, Анагаах ухааны сургууль, Радиологийн тэнхим

²АШУУИС, Ахисан түвшний сургууль

³АШУУИС, Анатомийн тэнхим, Био-Анагаахын сургууль

⁴"Ач" АУИС, Морфологийн тэнхим

Цахим шуудан: tuvshinjargal@mnumts.edu.mn, Утас: 99075546

Түлхүүр үг:

Булчирхайлаг,
холбогч эд
Томосинтез
Цацрагийн өртөлт
Радиомикс
Хиймэл оюун
ухаан

Товч утга:

Үндэслэл: Хэдийгээр хөхний нягтрал нь хөхний хорт хавдрын эрсдэл болон маммографид эмгэг голомт халхлагдах магадлалыг тодорхойлогч чухал хүчин зүйл болдог ч дангаараа хөхний дүрс оношилгооны фенотипийг бүрэн илэрхийлэхэд хангалтгүй. Нас, биеийн жингийн индекс (БЖИ), биеийн нийт өөхний хувь, хөхний хэмжээ, шахалтын үеийн хөхний зузаан (compressed breast density), эдийн тархалт болон нөхөн үржихүйн түүх зэрэг нь хөхний биологийн бүтэц төдийгүй, маммограм авах техникийн нөхцөлд нөлөөлдөг. **Зорилго:** Нас, БЖИ, биеийн бүтэц, хөхний өвөрмөц антропометр, нөхөн үржихүйн хүчин зүйл болон хүн амын онцлог маммографид хэрхэн нөлөөлдгийг нэгтгэн дүгнэх. **Арга, аргачлал:** Энэхүү тойм өгүүлэлд бид эдгээр хүчин зүйлс нь маммографийн харагдах байдал, эмгэг голомтын ялгарал, BI-RADS ангилал, дүрсний чанар, цацрагийн тун болон илрүүлгийн гүйцэтгэлтэй хэрхэн уялддаг талаарх нотолгоонуудыг PubMed/MEDLINE, Scopus, Embase, Web of Science зэрэг мэдээллийн санд 2000 оноос 2026 оны 8 дугаар сар хүртэлх хугацаанд бүртгэгдсэн судалгаануудад үндэслэн нэгтгэв. **Үр дүн:** Нас ахих, цэвэрших явцад хөхний нягтрал ерөнхийдөө буурдаг. Мөн БЖИ ихсэж, өөхөн эдийн эзлэхүүн нэмэгдсэнээр хөхний эдийн нягтрал багасна. Иймээс үнэмлэхүй хөхний булчирхайлаг, холбогч эдийн эзлэхүүнийг зөвхөн хувилсан нягтралаас шууд дүгнэх болохгүй. Шахалтын үеийн хөхний зузаан, хөхний эзлэхүүн зэрэг өвөрмөц хэмжигдэхүүнүүд нь байршуулалт, шахалт, цацрагийн өртөлт (экспозици), булчирхайд өгөгдөх дундаж тунд нөлөөлдөг тул эмнэлзүйн өндөр ач холбогдолтой мэдээлэл болдог. Азийн кохорт судалгаануудад нас болон биеийн хэмжээний чухал хамаарлуудыг баталдаг ч, хүн амзүйн хоорондын ялгаа өндөр байжээ. Өнөө үед хөхний дижитал томосинтез (Digital breast tomosynthesis, DBT) болон хиймэл оюун (Artificial intelligence, AI) нь нягтралын нэг ангиллаас олон хэмжээст фенотипжүүлэлт рүү шилжих боломжийг олгож байна. Цаашдын судалгаанд хувь хүнд тохирсон скрининг, тунгийн оновчлолыг сайжруулахын тулд DI-COM-ын техникийн параметрууд, стандартчилсан антропометри, тоон нягтрал болон гадаад баталгаажуулалттай AI мэдээллүүдийг нэгтгэх шаардлагатай байна. **Дүгнэлт:** Хөхний нягтрал дээр нас, биеийн бүтэц, хөхний орон зайн бүтэц, зураг авах параметрууд болон баталгаажсан AI шинжүүдийг нэгтгэсэн олон хэмжээст загвар юм. Энэхүү хандлага нь биологийн тайлбар, тунгийн нарийвчлал, эрсдэлийн ангиллыг сайжруулж, нягтралын ганц хувь эсвэл BI-RADS ангилал хөхний фенотипийг бүрэн тодорхойлдог гэсэн өрөөсгөл ойлголтоос сэргийлэх боломжтой юм.

Үндэслэл: Маммографи нь хүн амд суурилсан хөхний хорт хавдрын илрүүлгийн үндсэн дүрс оношилгооны арга хэвээр байгаа боловч, оношилгооны гүйцэтгэл

нь эмэгтэйчүүдийн дунд харилцан адилгүй байдаг. Маммографи дахь хөхний нягтрал нь булчирхайлаг, холбогч эдийн хэвшинжийн үндэс болдог ч, нэг

талаасаа өндөр нягтрал нь хорт хавдрын эрсдэлийг нэмэгдүүлэх, нөгөө талаас шохойжилтгүй эмгэг голомтыг халхлах эрсдэлийн шалтгаан болдог. Иймээс орчин үеийн эмнэлзүйн практикт BI-RADS-ийн хөхний бүтцийн дөрвөн ангиллыг хөхний нягтралыг үнэлэхэд ашиглаж, түүнчлэн судалгааны салбарт талбайд суурилсан, эзлэхүүнт, тогтоцын болон хиймэл оюуны хэмжүүрүүдийг эрчимтэй нэвтрүүлэх болсон.¹⁻³

Зөвхөн нягтралд суурилсан загвар нь гурван хэмжээст нийлмэл фенотипийг нэг ангилал эсвэл хувилсан үзүүлэлтэд хэт хураангуйлдаг. Гэтэл ижил BI-RADS ангилалтай эмэгтэйчүүд нас, БЖИ, үнэмлэхүй булчирхайлаг, холбогч эдийн эзлэхүүн, хөхний хэмжээ, шахалтын үеийн зузаан, өөхний тархалт болон цуллагийн тогтоцын хувьд эрс ялгаатай байж болох бөгөөд эдгээр ялгаа нь эмгэг голомтын харагдах байдал, байршуулалт, туяаны тун, өртөлтийн сонголт зэрэгт нөлөөлдөг.

Зорилго: Нас, БЖИ, биеийн бүтэц, хөхний өвөрмөц антропометр, нөхөн үржихүйн хүчин зүйл болон хүн амын онцлог маммографид хэрхэн нөлөөлдгийг нэгтгэн дүгнэх.

Арга, аргачлал:

Тойм судалгааны арга: Бид 2000 оноос 2026 оны 8 дугаар сар хүртэл хугацаанд хэвлэгдэж, PubMed/MEDLINE, Scopus, Embase болон Web of Science мэдээллийн санд бүртгэгдсэн өгүүлүүдээс “mammography/BI-RADS-ийг age, BMI, body composition, adiposity, breast volume, breast size, compressed breast thickness, morphology, diagnostic performance, image quality, masking болон mean glandular dose” гэсэн нэршлүүдийг ашиглан

хайлт хийсэн болно. Судалгааны загвар, нягтралын хэмжүүр, өртөлтийн тодорхойлолт болон үр дүнгийн үзүүлэлтүүдийн ялгаатай байдлаас шалтгаалан нотолгоог зөвхөн өгүүлэмж байдлаар нэгтгэн дүгнэв.

Хөхний нягтралаас олон хэмжээст фенотип рүү: Хөхний нягтралыг BI-RADS ангилал, нягт хэсгийн талбайн хувь, үнэмлэхүй нягтын талбай, эзлэхүүний хувилсан нягтрал эсвэл үнэмлэхүй булчирхайлаг, холбогч эдийн эзлэхүүнээр илэрхийлж болно. Эдгээр хэмжигдэхүүнүүд нь хоорондоо хамааралтай ч, харилцан орлуулах боломжгүй. Хувилсан нягтрал нь нийт хөхний талбай эсвэл эзлэхүүнээс хамаардаг. Тодруулбал өөхний эд ихсэхэд ноогдворын хуваарь нэмэгдэх тул булчирхайлаг, холбогч эдийн үнэмлэхүй хэмжээ маш багаар өөрчлөгдсөн ч, хөхний эдийн нягтрал буурсан мэт тооцогддог. Энэхүү “өөхний эдэд харгалзах хуваарь” нь БЖИ-ийн ялгаатай бүлгүүдийг харьцуулахад онцгой ач холбогдолтой.^{2,4} Хэдийгээр БЖИ нь хувилсан нягтралтай хүчтэй хамааралтай боловч, өөхөн эдийн байрлал, цулын харьцаа, дотор болон арьсан доорх өөхжилт, хөх-өвөрмөц анатомийн ялгааг харгалздаггүй билээ.

Талбайн болон эзлэхүүнт нягтралын хэмжүүрүүд нь БЖИ болон бусад эрсдэлийн хүчин зүйлстэй ялгаатай хамаарлуудыг үзүүлдэг. Цаашилбал, биеийн нийт өөхний хувь, бүсэлхийн тойрог, өөхний массын индекс болон дотор өөхний үзүүлэлтүүдээр эдгээр хамаарлыг илүү нарийвчлах боломжтой.^{2,4-6} Иймээс олон хэмжээст фенотипд харьцангуй нягтрал, үнэмлэхүй булчирхайлаг, холбогч эд, хөхний орон зайн бүтэц болон тогтоцыг тусад нь авч үзэх шаардлагатай бөгөөд үүнийг Хүснэгт 1-т нэгтгэн дүгнэлээ.

Хүснэгт 1. Маммографийн фенотипийн гол хэмжээсүүд ба эмнэлзүйн ач холбогдол

Хэмжээс	Түгээмэл хэмжүүр	Үндсэн нөлөө	Анхаарах зүйлс
Нас, нөхөн үржихүйн үе	Нас; цэвэршилт; төрөлтийн тоо	Инволюци; нягтралын өөрчлөлт; хавдрын тохиолдол	Хуанлийн нас нь хөхний биологийн насыг бүрэн тодорхойлохгүй
Биеийн нийт өөх	БЖИ; бүсэлхийн тойрог; биеийн нийт өөхний хувь	Хувилсан нягтрал; даавар, бодисын солилцооны онцлог	БЖИ нь өөхөн эдийн тархалт эсвэл хөхний анатомийг шууд хэмждэггүй
Хөхний нягтрал	BI-RADS A-D; талбайн/ эзлэхүүнт нягтрал	Халхлах нөлөө; эрсдэлийн ангилал	Харьцангуй болон үнэмлэхүй нягтралыг харилцан орлуулж болохгүй
Хөхний орон зайн бүтэц	Эзлэхүүн; талбай; шахалтын зузаан	Байршуулалт; шахалт; өртөлт; MGD	Аргачлал болон хэмжих нэгжүүд стандартчилагдаагүй
Тогтоц/морфологи	Цуллагийн тогтоц; тэгш бус байдал; радиомикс	Орон зайн халхлах хэв шинж; эрсдэлийн шинэ маркер	Эмнэлзүйн босго утга болон гадаад баталгаажуулалт хязгаарлагдмал
Зураг авах хүчин зүйл	Шахалтын хүч/даралт; kVp; mAs	Дүрсний чанар; туяаны тун	Гүйцэтгэлийн болон тогтолцооны нөлөө өвчтөний хүчин зүйлтэй холбоотой хамаарлыг төөрөгдүүлж болно

Тайлбар: MGD - булчирхайн дундаж тун; kVp - оргил киловольт; mAs - миллиампер-секунд.

Насжилт болон маммографи: Нас нь нөхөн үржихүйн, цэвэршилт болон дэлбэнгийн инволюциар дамжин хөхний бүтцэд нөлөөлдөг. Хүн амзүйн ялгаатай байдлыг үл харгалзан, 22 орны 11,000 гаруй эмэгтэйд хамруулсан судалгаагаар нас ахих болон цэвэршилтийн үед хөхний нягтрал тууштай буурдгийг нотолжээ. Дагах судалгаануудад мөн, цаг хугацааны явцад хөхний нягтрал ерөнхийдөө буурдаг боловч, хувь хүний шилжилтүүд ялгаатай буюу зарим эмэгтэйчүүдийн хөхний нягтрал өндөр нас хүртлээ хадгалагдах нь ажиглагджээ.^{3,7,8} Ахимаг насанд

хөхний нягтрал багасаж, өөхний эдээр солигдох нь ахимаг аливаа эмгэг голомтыг ялган харах боломжийг сайжруулах хандлагатай бол, залуу эмэгтэйчүүдийн хөхний нягт ихтэй цуллаг нь эмгэг голомтыг халхлах нөлөөг нэмэгдүүлдэг. Нэг сая орчим эмэгтэйчүүдийг хамруулсан судалгаагаар БЖИ 25 кг/м²-аас бага байхад маммографийн мэдрэг чанар өндөр, DBT-ийн гүйцэтгэл ч нас, скринингийн үе болон хөхний нягтралаас хамаарч ялгаатай буюу бүх бүлгийнхэнд ижил ач холбогдотой биш нь харагджээ.^{9,10} Цаашилбал ижил насны эмэгтэйчүүдийн цэвэршилтийн явц, нөхөн

үржихүйн түүх, дааврын төлөв, БЖИ зэрэг нь ялгаатай байдаг тул биологийн нас нь хөхний фенотипийг тодорхойлогч үндсэн хүчин зүйл бус, эрсдэлийн үнэлгээ, илрүүлгийн оношилгооны шийдвэрт нэмэлт мэдээлэл хэмээн авч үзэх хэрэгтэй.

БЖИ, биеийн бүтэц ба хөх-өвөрмөц антропометрийн үзүүлэлтүүд: БЖИ өсөхийн хэрээр хувилсан нягтрал буурах урвуу хамаарал олон төрлийн хүн амзүйд тогтвортой ажиглагддаг боловч, автомат болон харааны аргаар хөхний нягтралыг хэмжсэн судалгаануудад БЖИ болон хөхний эдийн үнэмлэхүй нягтрал нь харьцангуй сул, тогтворгүй хамааралтай байжээ. Хятад улсад хийгдсэн, 28,388 эмэгтэйд хамруулсан илрүүлгийн судалгаагаар хөхний нягтралд нас, БЖИ-ээс гадна, цэвэршилт ба нөхөн үржихүйн түүх нөлөөлдөг нь, мөн Монголын 1,985 эмэгтэйд залуу нас, бага БЖИ нь BI-RADS-ийн өндөр нягтралын оноотой хүчтэй холбоотой нь ажиглагджээ. Цаашилбал, биеийн галбир, бүтэц нь БЖИ-ээс илүүтэй мэдээлэл сайтай өгөгдөл болохыг Солонгос улсад хийгдсэн томоохон судалгаа харуулжээ.^{2,4,11-13} Тэд бүсэлхийн тойрог, өөхний массын индекс, биеийн нийт өөхний эзлэх хувь, дотор өөхний талбай зэрэг биеийн бүтцийн хэмжүүрүүд нь цэвэршилтийн өмнөх болон дараах аль насны эмэгтэйчүүдэд BI-RADS нягтралтай сөрөг хамааралтай байгааг тогтоожээ. Гэвч хөхний нягтралын багасал болон өөхөн эдийн агууламжийн ихсэл нь, ялангуяа цэвэршилтийн дараах насанд, хөхний хорт хавдрын эрсдэлийг бууруулдаг нь батлагдахгүй байгаа тул уг хамаарлын эмнэлзүйн ач холбогдол тодорхойгүй хэвээр байна.

Хөхний өвөрмөц хэмжүүрүүд нь дүрс оношилгооны зураг авах үйл явцад илүүтэй хамааралтай байх боломжтой ба үүнд хөхний эзлэхүүн, тусгалын талбай, шахалтын үеийн зузаан, болон байршуулалт, эдийн давхцал, автомат өртөлтийн хяналт, туяаны тун зэрэгт нөлөөлж байдаг шахалтын даралт зэрэг хамаардаг. Солонгосын эрдэмтдийн судалгаагаар хөхний хэмжээ болон маммографийн зураглал нь булчирхайн дундаж тунд (mean glandular dose, MGD) нөлөөлдөг бол, Норвегийн илрүүлгийн кохортод хөхний эзлэхүүн, нягтрал, шахалтын хүч, даралт болон шахалтын зузааны хооронд системчилсэн хамаарал тогтоогджээ. Шахалтын даралт нь илрүүлгийн оношилгооны гүйцэтгэлтэй холбоотой байсан нь анатоми болон дүрс оношилгооны техникийн харилцан үйлчлэл нь зураглалыг тайлбарлах боломжид нөлөөлдгийг илтгэж байна.¹⁴⁻¹⁶

Хүн амзүйн ялгаатай байдал: Хүн амзүйн харьцуулалтад насны бүтэц, БЖИ, нөхөн үржихүйн хэв шинж, илрүүлгийн заалт, тоног төхөөрөмж болон хөхний нягтралыг үнэлэх аргын ялгааг харгалзах шаардлагатай. Тоон судалгаагаар угсаатан хоорондын бүлгийн ялгаа БЖИ болон бусад хүчин зүйлийг тохируулсны дараа ч ажиглагдсан ч, BI-RADS-ийн харааны ангиллаар төдийлөн ялгаа тодорхойлогдоогүй байна.⁵ Азийн кохорт судалгаануудад мөн нас, БЖИ-тэй хүчтэй хамаарал бүхий ялгаанууд ажиглагддаг. Тухайлбал Монгол улсад хийгдсэн судалгаагаар BI-RADS В хэлбэр хамгийн түгээмэл бөгөөд өндөр

нягтрал нь залуу нас ба бага БЖИ-тэй холбоотой байжээ.¹¹⁻¹³ Цаашид илүүтэй тоон хэмжилт, хөхний орон зайн бүтэц, DICOM-д суурилсан зураглал, дагалт судалгааны үр дүн болон стандартчилсан биеийн бүтцийн хэмжүүрийг нэгтгэсэн орчин үеийн олон төвт судалгаа хийх, цаашилбал Ази эсвэл Төв Азийн эмэгтэйчүүдийг нэг хэв шинжтэй гэж ерөнхийлөлгүйгээр хүн амзүй бүрийн доторх болон хоорондын ялгааг харгалзсан үнэлгээ шаардлагатай байна.

Дүрсний чанар, туяаны тун ба оношилгооны гүйцэтгэл: Маммографийн зураг авалт нь хөхний зузаан болон бүтцээс шууд хамааралтай. Булчирхайн дундаж тун (MGD) нь рентген туяанд суурилсан хөхний дүрслэлийн эрсдэлтэй холбоотой тунгийн үндсэн хэмжигдэхүүн бөгөөд тусах агаарын керма, рентген туяаны спектр, хөхний зузаан, булчирхайлаг эдийн хувь хэмжээ болон тусгалаас тус тус хамаардаг.¹⁷ Шахалтын зузаан нэмэгдэхэд ерөнхийдөө илүү их туяаны өртөлт шаардах боловч автомат өртөлтийн хяналт, байны сонголт, хөхний бүтэц болон тогтолцооны загвар нь уг хамааралд нөлөөлдөг. Иймээс тунгийн өөрчлөлтийг зөвхөн БЖИ-тэй холбож тайлбарлалгүй MGD-г шахалтын үеийн зузаан болон зураг авалтын параметруудийн хамт авч үзэх нь зохимжтой.^{14,15,17}

DBT ба хиймэл оюун: нягтралын ангиллаас цааш: Дижитал хөхний томосинтез (DBT) нь эдийн давхцыг бууруулдаг бөгөөд зарим бүлгүүдэд дижитал маммографитай харьцуулахад эргэн дуудах(recall) болон хавдар илрүүлэх үзүүлэлтийг сайжруулдаг хэдий ч, уг ашиг тусын хэмжээ нь нягтрал, скринингийн нөхцөл байдлаас хамаарч харилцан адилгүй. DBT нь хөхний фенотипийн нөлөөллийг бүрэн арилгадаггүй буюу хэт нягт эдтэй тохиолдол нь төвөгтэй, туяаны тун нь зураг авах стратегиас хамаарсан хэвээр байна. Өөрөөр хэлбэл, технологийн дэвшил нь маммографийн биологийн болон орон зайн бүтцийн хязгаарлалтыг шийдвэрлэх бус, харин өөрчилж байна.^{10,18}

AI нь нягтрал, тогтоц, орон зайн нийлмэл байдал зэрэг олон хэмжээсийг нэгэн зэрэг үнэлэх боломжтой. Deep-LIBRA хэмээх гүн сургалтын арга нь нягтралыг автоматаар тооцоолж, эрсдэлийн үнэлгээнд дэмжлэг үзүүлдэг, радиомикс болон AI системүүд илрүүлэлт, эрэмбэлэлт, нягтрал, дүрсний чанар, тун, эрсдэлийн үнэлгээг хийх болсон.¹⁹⁻²¹ Нягт хөхтэй эмэгтэйчүүдийн илрүүлгийн мэргэжилтнүүд нь алгоритмд нягтрал, хувь хүний эрсдэл болон нэмэлт дүрслэлийг хамтатган авч үзэхийг санал болгодог.²² Гэхдээ цаашид AI загварын гадаад баталгаажуулалтыг нас, БЖИ, нягтрал, хөхний хэмжээ, зузаан, газарзүй болон дүрс оношилгооны системээр ангилан тайлагнах шаардлагатай байна.

Хэлцэмж: Өнөөгийн эмнэлзүйн практикт BI-RADS стандарт үнэлгээг үргэлжлүүлэн ашиглах нь зүйтэй боловч хөхний нягтралыг нас, БЖИ, үнэмлэхүй ширхэгт-булчирхайлаг эд, хөхний орон зайн бүтэц болон зураг авах параметрууд зэрэг илүү өргөн хүрээний эмнэлзүйн болон техникийн нөхцөл байдалтай уялдуулан тайлбарлах шаардлагатай.

Ахимаг насны эмэгтэйчүүдийн хувьд хөхний нягтрал нь 65 наснаас хойш ч эрсдэлтэй холбоотой хэвээр байж болох тул нас ахих тусам нягтралын ач холбогдол буурдаг гэж таамаглахын оронд нягтралыг нас болон ерөнхий эрүүл мэндтэй хамтад нь авч үзэх хэрэгтэй.²³

Олон хэмжээст аргачлалын давуу тал нь биологийн, анатомийн болон техникийн үзүүлэлтүүдийг нэг хүрээнд нэгтгэдэгт оршино. Томоохон кохорт судалгаануудад нас, БЖИ ба нягтралын хамаарлыг тогтвортой харуулдаг бол маммографийн тоон судалгаануудад үнэмлэхүй нягт эд, хөхний эзлэхүүн, шахалтын зузаан болон түүний параметруудийг хувилсан нягтралаас илүү мэдээлэл өгдгийг харуулж байна. Нотолгоонуудын ихэнх нь ажиглалтын, олонх нь агшны загвартай, нягтралын арга субъектив BI-RADS-аас талбайн болон эзлэхүүнт алгоритм хүртэл хэлбэлзэж, БЖИ-ийг ангилах арга жигд бус, хөхний хэмжээг хөхний даруулгын аяганы хэмжээ, тусгалын талбай, эзлэхүүн, хөхний товчны арын шугам эсвэл шахалтын зузаанаар өөр өөр байдлаар илэрхийлдэг. Автомат өртөлтийн хяналт, шахалт, тусгал, детектор болон зураг авах протоколыг дутуу тайлагнах нь тун, дүрсний чанартай холбоотой хамаарлыг төөрөгдүүлэх эрсдэлтэй байна.

Судалгааны тэргүүлэх хэрэгцээ нь өгөгдлүүдийн нэгдмэл байдал юм. Ирээдүйн кохорт судалгаанд нас, цэвэршилтийн явц, антропометр, биеийн бүтцийн дор хаяж нэг шууд хэмжүүр, харьцангуй ба үнэмлэхүй нягтрал, хөхний эзлэхүүн ба талбай, шахалтын зузаан ба хүч, даралт, DICOM-оос гаргасан kVp, mAs, MGD, мөн эмгэг судлалын болон дагалт илрүүлгийн үр дүнг нэгтгэн тайлагнах шаардлагатай. Монгол Улс болон Төв Азийн олон төвт судалгааны мэдээлэл нь нас-БЖИ-нягтралын өмнөх хэв шинж орчин үеийн дижитал маммографид хадгалагдаж байгаа эсэх, мөн эмнэлгүүдийн хооронд хөхний орон зайн бүтэц ба тун ялгаатай эсэхийг шалгахад чухал ач холбогдолтой.

Дүгнэлт, санал, зөвлөмж: Хөхний нягтрал нь маммографийн фенотипийн зайлшгүй чухал үзүүлэлт боловч зөвхөн нэг хэмжээс юм. Нас болон нөхөн үржихүйн насжилт булчирхайлаг, холбогч эдийн бүтцийг, БЖИ болон системийн өөхжилт харьцангуй нягтралын эрсдэлийн нөхцөлийг тус тус өөрчилж, хөхний эзлэхүүн ба шахалтын зузаан байршуулалт, дүрсний чанар, туяаны тунг тодорхойлдог бол, харин эдийн тогтоц ба морфологи нь нягтралаар илэрхийлэгддэггүй орон зайн мэдээллийг өгдөг. Иймээс ирээдүйн хамгийн оновчтой арга зүй нь хөхний нягтрал дээр нас, биеийн бүтэц, хөхний орон зайн бүтэц, зураг авах параметрууд болон баталгаажсан AI шинжүүдийг нэгтгэсэн олон хэмжээст загвар юм. Энэхүү хандлага нь биологийн тайлбар, тунгийн нарийвчлал, эрсдэлийн ангиллыг сайжруулж, нягтралын ганц хувь эсвэл BI-RADS ангилал хөхний фенотипийг бүрэн тодорхойлдог гэсэн өрөөсгөл ойлголтоос сэргийлэх боломжтой юм.

Ном зүй:

1. Edmonds CE, O'Brien SR, Conant EF. Mammographic Breast Density: Current Assessment Methods, Clinical Implications, and Future Directions. *Semin Ultrasound CT MR*. 2023;44(1):35-45. doi:10.1053/j.sult.2022.11.001.
2. Eng A, Gallant Z, Shepherd J, et al. Digital mammographic density and breast cancer risk: a case-control study of six alternative density assessment methods. *Breast Cancer Res*. 2014;16:439. doi:10.1186/s13058-014-0439-1.
3. Burton A, Maskarinec G, Perez-Gomez B, et al. Mammographic density and ageing: a collaborative pooled analysis of cross-sectional data from 22 countries worldwide. *PLoS Med*. 2017;14(6):e1002335. doi:10.1371/journal.pmed.1002335.
4. Stone J, Warren RML, Pinney E, Warwick J, Cuzick J. Determinants of percentage and area measures of mammographic density. *Am J Epidemiol*. 2009;170(12):1571-1578. doi:10.1093/aje/kwp313.
5. McCarthy AM, Keller BM, Pantalone LM, et al. Racial Differences in Quantitative Measures of Area and Volumetric Breast Density. *J Natl Cancer Inst*. 2016;108(10):djw104. doi:10.1093/jnci/djw104.
6. Kim J, et al. Association of body composition fat parameters and breast density in mammography by menopausal status. *Sci Rep*. 2022;12:22224. doi:10.1038/s41598-022-26839-y.
7. Ohmaru A, et al. Age-related change in mammographic breast density of women without history of breast cancer over a 10-year retrospective study. *PeerJ*. 2023;11:e14836. doi:10.7717/peerj.14836.
8. Hjerkind KV, et al. Volumetric Mammographic Density, Age-Related Decline, and Breast Cancer Risk Factors in a National Breast Cancer Screening Program. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2018;27(9):1065-1074. doi:10.1158/1055-9965.EPI-18-0151.
9. Banks E, Reeves G, Beral V, et al. Influence of personal characteristics of individual women on sensitivity and specificity of mammography in the Million Women Study: cohort study. *BMJ*. 2004;329(7464):477. doi:10.1136/bmj.329.7464.477.
10. Lowry KP, Coley RY, Miglioretti DL, et al. Screening Performance of Digital Breast Tomosynthesis vs Digital Mammography in Community Practice by Patient Age, Screening Round, and Breast Density. *JAMA Netw Open*. 2020;3(7):e2011792. doi:10.1001/jamanetworkopen.2020.11792.
11. Demchig D, Mello-Thoms C, Khulan K, Ramish A, Brennan PC. Mammographic Appearances in Mongolia: Causal Factors for Varying Densities. *Asian Pac J Cancer Prev*. 2017;18(9):2425-2430. doi:10.22034/APJCP.2017.18.9.2425.
12. Dai H, Yan Y, Wang P, et al. Distribution of mammographic density and its influential factors among Chinese women. *Int J Epidemiol*. 2014;43(4):1240-1251. doi:10.1093/ije/dyu042.
13. Ko SY, Kim MJ. Associations of age, body mass index, and breast size with mammographic breast density in Korean women. *J Med Life Sci*. 2023;20(1):21-31. doi:10.22730/jmls.2023.20.1.21.
14. Baek JE, Kang BJ, Kim SH, Lee HS. Radiation dose affected by mammographic composition and breast size: first application of a radiation dose management system for full-field digital mammography in Korean women. *World J Surg Oncol*. 2017;15:38. doi:10.1186/s12957-017-1107-6.
15. Moshina N, Roman M, Waade GG, et al. Breast compression parameters and mammographic density in the Norwegian Breast Cancer Screening Programme. *Eur Radiol*. 2018;28(4):1662-1672. doi:10.1007/s00330-017-5104-5.
16. Holland K, Sechopoulos I, Mann RM, den Heeten GJ, van Gils CH, Karssemeijer N. Influence of breast compression pressure on the performance of population-based mammography screening. *Breast Cancer Res*. 2017;19:126. doi:10.1186/s13058-017-0917-3.
17. Dance DR, Sechopoulos I. Dosimetry in x-ray-based breast imaging. *Phys Med Biol*. 2016;61(19):R271-R304. doi:10.1088/0031-9155/61/19/R271.
18. Østerås BH, Martinsen ACT, Gullien R, Skaane P. Digital Mammography versus Breast Tomosynthesis: Impact of Breast Density on Diagnostic Performance in Population-based Screening. *Radiology*. 2019;293(1):60-68. doi:10.1148/radiol.2019190425.
19. Haji Maghsoudi O, Gastounioti A, Scott C, et al. Deep-LIBRA: An artificial-intelligence method for robust quantification of breast density with independent validation in breast cancer risk assessment. *Med Image Anal*. 2021;73:102138. doi:10.1016/j.me-

- dia.2021.102138.
20. Acciavatti RJ, Lee SH, Reig B, et al. Beyond Breast Density: Risk Measures for Breast Cancer in Multiple Imaging Modalities. *Radiology*. 2023;306(3):e222575. doi:10.1148/radiol.222575.
21. Lamb LR, Lehman CD, Gastounioti A, Conant EF, Bahl M. Artificial Intelligence (AI) for Screening Mammography, From the AJR Special Series on AI Applications. *AJR Am J Roentgenol*. 2022;219(3):369-380.
22. Berg WA, Rafferty EA, Friedewald SM, Hruska CB, Rahbar H. Screening Algorithms in Dense Breasts: AJR Expert Panel Narrative Review. *AJR Am J Roentgenol*. 2021;216(2):275-294. doi:10.2214/AJR.20.24436.
23. Advani SM, Zhu W, Demb J, et al. Association of Breast Density With Breast Cancer Risk Among Women Aged 65 Years or Older by Age Group and Body Mass Index. *JAMA Netw Open*. 2021;4(8):e2122810. doi:10.1001/jamanetworkopen.2021.22810.

Investigating the effects of age, body composition, and breast morphology on mammographic imaging

Tugsjargal P¹, Dariimaa G², Erdembileg Ts¹, Enebish S^{3,4}, Tuvshinjargal D^{1*}

¹Department of Radiology, School of Medicine, MNUS

²Graduate School of Medical Science, MNUS

³Department of Anatomy, School of Bio-Medicine, MNUS

⁴Department of Morphology, "Ach" medical university

E-mail; tuvshinjargal@mnus.edu.mn, Tel: +976-99075546

Abstract:

Background: Although breast density is an important determinant of breast cancer risk and the likelihood of masking pathological lesions on mammography, it is insufficient to fully characterize the breast imaging phenotype on its own. Age, body mass index (BMI), total body fat percentage, breast size, compressed breast thickness, tissue distribution, and reproductive history influence not only the biological composition of the breast but also the technical conditions of mammographic imaging.

Aim: To synthesize the evidence on how age, BMI, body composition, breast-specific anthropometric characteristics, reproductive factors, and population-specific characteristics influence mammographic imaging.

Materials and Methods: In this review, we synthesized evidence from studies indexed in PubMed/MEDLINE, Scopus, Embase, and Web of Science from 2000 through August 2026, focusing on the associations of these factors with mammographic appearance, lesion conspicuity, BI-RADS classification, image quality, radiation dose, and screening performance.

Results: Breast density generally decreases with advancing age and during the menopausal transition. Increasing BMI and adipose tissue volume are also associated with lower breast tissue density. Therefore, the absolute volume of fibroglandular and connective tissue should not be inferred directly from percent breast density alone. Breast-specific parameters, particularly compressed breast thickness and breast volume, are clinically important because they influence positioning, compression, exposure parameters, and mean glandular dose. Studies in Asian cohorts have demonstrated significant associations between age, body size, and mammographic characteristics, although substantial inter-population differences have been reported. Advances in digital breast tomosynthesis (DBT) and artificial intelligence (AI) are enabling a transition from single-category breast density assessment toward multidimensional breast phenotyping. Future research should integrate DICOM technical parameters, standardized anthropometric measurements, quantitative breast density measures, and externally validated AI-derived features to improve personalized screening and radiation dose optimization.

Conclusion: Breast imaging phenotype should be considered a multidimensional construct integrating breast density with age, body composition, breast spatial architecture, imaging parameters, and validated AI-derived features. This approach may improve biological interpretation, radiation dose estimation, and risk stratification while avoiding the oversimplification that a single breast-density percentage or BI-RADS density category can fully characterize the breast phenotype.

Keywords: fibroglandular tissue, Tomosynthesis, Radiation exposure, Radiomics, Artificial intelligence