Зүрхний цочмог шигдээсийн үед титмийн бичил цусны эргэлт ба хиймэл оюунд суурилсан программ хангамжийн ач холбогдол

Ц.Батзаяа[1,2,3], Ч.Сүрэнжав[3,5], Х.Батмягмар[4,5], Д.Нарантуяа[2], З.Лхагвасүрэн[3], Ө.Цолмон[1]

[1]АШУҮИС, АУС, Зүрх судлалын тэнхим
[2]УГТЭ, Зүрх судасны үндэсний төв, Зүрхний шигдээсийн тасаг
[3]УГТЭ, Зүрх судасны үндэсний төв, Судсан дотуурх оношлогоо, эмчилгээний төв
[4]Бриллиант эмнэлэг, Ангиографийн тасаг
[5]Монголын зүрх, судсан дотуурх мэс заслын эрдэм шинжилгээ судалгааны төв
Цахим шуудан: zayaz0925@gmail.com, Утас: 91000043

Түлхүүр үг:

Титэм судасны эмгэг
Зүрхний цочмог шигдээс
Ангиографи
Титмийн бичил цусны эргэлт
Хиймэл оюун ухаан

Товч утга:

Оршил: Зүрх судасны өвчин (ЗСӨ) нь Монгол улсын өвчлөлийн гуравдугаарт, нас баралтын тэргүүлэх шалтгаан болж байна. Ялангуяа зүрхний титэм судасны эмгэг (ТСЭ)-ийн хүндрэл болох зүрхний цочмог шигдээс (ЗЦШ) нь зүрх судасны шалтгаант нас баралтын тэргүүлэх шалтгаануудын нэг хэвээр байна. ЗЦШ тохиолдсон өвчтөнүүдэд титэм судсан дотуурх оношилгоо (ТСДО)-оор авагдсан ангиографийн дүрсэн дээр нүдэнд харагдах эпикардиал судасны урсгалаас гадна нүдэнд харагдахгүй титмийн бичил цусны эргэлт (БЦЭ)-ийн алдагдал өвчний эмгэг жамд чухал ач холбогдолтой. Сүүлийн жилүүдэд зүрх судасны дүрслэл оношилгооны чиглэлд хиймэл оюунд суурилсан дүрс боловсруулах программ хангамжууд нэвтэрснээр ТСДО-оор авагдсан ангиографийн зургуудыг хиймэл оюун ухаанд суурилсан программ хангамж ашиглан боловсруулах замаар титмийн цусны урсгалыг хэмжих технологиуд бий болсон. Хиймэл оюунд суурилсан программ хангамж нь энгийн нүдэнд харагдах эпикардиал судасны цусны урсгалд үнэлгээ өгөх төдийгүй энгийн нүдэнд харагдахгүй титмийн БЦЭ-Д үнэлгээ өгөх боломжтойг сүүлийн үеийн судалгаанууд харуулаад байна. **Зорилго:** Тойм өгүүллийн хүрээнд ЗЦШ-ийн үед тохиолдох титмийн БЦЭ-ийн алдагдлын эмгэг жамын холбоо хамаарал, түүнийг оношлох арга зүй, хиймэл оюунд суурилсан технологийн хэрэглээ, эмнэлзүйн ач холбогдол зэрэг асуудлыг авч үзэхийг зорьлоо. **Таамаглал:** 1. ЗЦШ-ийн үед титмийн БЦЭ-ийн байдлыг хиймэл оюунд суурилсан программ хангамжийн тусламжтай нарийвчлал сайтай тодорхойлох боломжтой. 2. ЗЦШ-ийн үеийн титмийн БЦЭ-ийн алдагдал нь зүрхний бүтэц, үйл ажиллагааны өөрчлөлттэй хамааралтай. 3. ЗЦШ-ийн үед титмийн БЦЭ-ийн алдагдал нь өвчний эдгэрэл болон тавилантай холбоо хамааралтай. **Арга зүй:** Дээр дурьдсан таамаглалуудын дагуу нийтийн хүртээл болсон эмнэлзүй, био-анагаахын сүүлийн үеийн судалгаануудад дурьдсан баримт нотолгоог эмхэтгэн, логик дараалалтайгаар нэгтгэн дүгнэх арга барилаар тус тойм өгүүллийг бичсэн. **Дүгнэлт:** ТСДО, эмчилгээний үед авагдсан ангиографийн дүрсийг хиймэл оюунд суурилсан дүрс боловсруулалтын технологи ашиглан боловсруулж тооцоолол хийх боломжтой программ хангамж сүүлийн жилүүдэд бий болсон нь ЗЦШ-ийн үед титмийн БЦЭ-ийн алдагдлыг эрт илрүүлэх, оношилгоог боловсронгуй болгох, өвчтөний эрт болон хожуу үеийн эрсдлийн үнэлгээг сайжруулахад чухал ач холбогдолтой юм.

Оршил: Зүрх судасны өвчин (ЗСӨ) нь Монгол улсын өвчлөлийн гуравдугаарт, нас баралтын тэргүүлэх шалтгаан болж байна.[1,2] Ялангуяа зүрхний титэм судасны эмгэг (ТСЭ)-ийн хүндрэл болох зүрхний цочмог шигдээс (ЗЦШ) нь зүрх судасны шалтгаант нас баралтын тэргүүлэх шалтгаануудын нэг хэвээр байна.[3] ТСЭ судас хатуурлын шалтгаантайгаар цусан хангамжийн дутмагшилд хүргэдэг өвчлөл юм.[4] ТСЭ-ийн үед энгийн нүдэнд харагдах эпикардиал судсанд нарийсал, бөглөрөл үүсэхээс гадна энгийн нүдэнд харагдахгүй титмийн БЦЭ-ийн алдагдал үүсдэг.[4]

Ач холбогдол: ЗЦШ тохиолдсон өвчтөнүүдэд эпикардиал судасны урсгалаас гадна титмийн БЦЭ-ийн алдагдал өвчний эмгэг жамд чухал үүрэгтэй.[5, 6] Тиймээс ЗЦШ-ийн үед титмийн БЦЭ-ийн байдлыг үнэлэх аргыг эмнэлзүйд нэвтрүүлэх нь оношилгоо, эмчилгээ, эрсдлийн үнэлгээг сайжруулахад чухал ач холбогдолтой.

Онолын үндэслэл: Титмийн БЦЭ-ийн алдагдлыг илрүүлэх шинжилгээ нь титмийн БЦЭ-ийн байдлыг тодосгогчтой зүрхний хэт авиан шинжилгээ (ЗХАШ), зүрхний соронзон резонанст дүрслэл (СРД), позитрон эмиссион томографи (ПЭТ) зэрэг инвазив бус аргаар, эсвэл титэм судсанд байршуулсан тусгай температур болон даралт мэдрэгч чиглүүлэгч ашигласан инвазив арга зүйд үндэслэдэг.[7, 8]

Онцлог: Сүүлийн жилүүдэд зүрх судасны дүрслэл оношилгооны чиглэлд хиймэл оюунд суурилсан дүрс боловсруулах программ хангамжууд нэвтэрснээр титмийн ангиографийн үнэлгээг хялбар, хурдан үнэлэх боломжууд бүрджээ.[9-11]

Сэдвийн судлагдсан байдал: Титэм судсан дотуурх оношилгоо (ТСДО)-оор авагдсан титмийн ангиографийн дүрсийг хиймэл оюунд суурилсан программ хангамж ашиглан үнэлгээ өгөх технологи нь энгийн нүдэнд харагдах эпикардиал судасны цусны урсгалд үнэлгээ өгөх төдийгүй энгийн нүдэнд харагдахгүй титмийн БЦЭ-д үнэлгээг өгөх боломжтойг сүүлийн үеийн судалгаанууд харуулаад байна.[14-16] Энэ хүрээнд ТСДО-оор авагдсан ангиографийн дүрсийг хиймэл оюуны алгоритм ашиглан боловсруулах замаар титмийн цусны урсгалыг даралт, температур мэдрэгч чиглүүлэгчгүйгээр хэмжих боломжтой урсгалын тоон харьцаа (УТХ) технологи бий болсон нь уламжлалт технологиудтай дүйх хэмжээнд титмийн БЦЭ-ийн үнэлгээ хийдэг болох нь тогтоогдоод байна.[12,13]

Таамаглал: Энэхүү тойм өгүүллийг бичихдээ дараах таамаглалуудыг дэвшүүлсэн. Үүнд:

1. ЗЦШ-ийн үед титмийн БЦЭ-ийн байдлыг хиймэл оюунд суурилсан программ хангамжийн тусламжтай нарийвчлал сайтай тодорхойлох боломжтой.
2. ЗЦШ-ийн үеийн титмийн БЦЭ-ийн алдагдал нь зүрхний бүтэц, үйл ажиллагааны өөрчлөлттэй хамааралтай.
3. ЗЦШ-ийн үед титмийн БЦЭ-ийн алдагдал нь өвчний эдгэрэл болон тавилантай холбоо хамааралтай.

Зорилго: Тойм өгүүллийн хүрээнд ЗЦШ-ийн үед тохиолдох титмийн БЦЭ-ийн алдагдлын эмгэг жамын холбоо хамаарал, түүнийг оношлох арга зүй, хиймэл оюунд суурилсан технологийн хэрэглээ, эмнэлзүйн ач холбогдол зэрэг асуудлыг авч үзэхийг зорьлоо.

Арга зүй: Дээр дурьдсан таамаглалуудын дагуу нийтийн хүртээл болсон эмнэлзүй, био-анагаахын сүүлийн үеийн судалгааануудад дурьдсан баримт нотолгоог эмхэтгэн, логик дараалалтайгаар нэгтгэн дүгнэх арга барилаар тус тойм өгүүллийг бичсэн.

ЗЦШ-ийн үеийн титмийн БЦЭ-ийн алдагдал ба эмгэг жамын холбоо хамаарал: ЗЦШ-ийн эмнэлзүй, эмгэг жамд титмийн БЦЭ-ийн алдагдал чухал ач холбогдолтой. ЗЦШ-ийн үед илрэх титмийн БЦЭ-ийн алдагдал нь ишеми-реперфузын гэмтэл, эндотель хөөж хавагнах, бичил бүлэнгээр бөглөрөх, цагаан эс захын байрлалд шилжиж үрэсэл өдөөх, завсрын эдийн хаван зэрэг нарийн нийлмэл механизмуудын оролцоотой явагддаг.[10,17]

Эпикардиал судасны бөглөрлийг ТСДЭ-ээр нээж титмийн цусны урсгалыг сэргээх үед огцом сэргэсэн цусны урсгал нь бичил цусны эргэлтийн түвшинд гэмтэл үүсгэдэг. Энэ үед хүчилтөрөгсийн хангамж огцом сэргэснээр хэт исэлдүүлэгч нэгдлүүд, кальцийн ачаалал, үрэвслийн медиаторуудын үйлчлэлээр титмийн БЦЭ-ийн гэмтэл үүсэх шалтгаан болно.[18]

Судасны ханыг дотно хөндий талаас хучиж байрласан эндотель эсүүд дээр дурьдсан шалтгаант хүчин зүйлсийн үйлчлэлээр хөөж хавагнана. Ингэснээр хөөж хавагнасан эндотель нь хялгасан судасны хөндийг нарийсгаж, бөглөрөл үүсэхэд хүргэдэг. Хөөж хавагнасан эндотель эсүүд нь хэвийн үйл ажиллагаагаа явуулах чадамжгүй болсноор эндотель эсээс ялгарах судас тэлэх үйлчилгээтэй азотын ислийн хэмжээ буурч судас нарийсах үйл явцыг даамжруулна.[17,19,20]

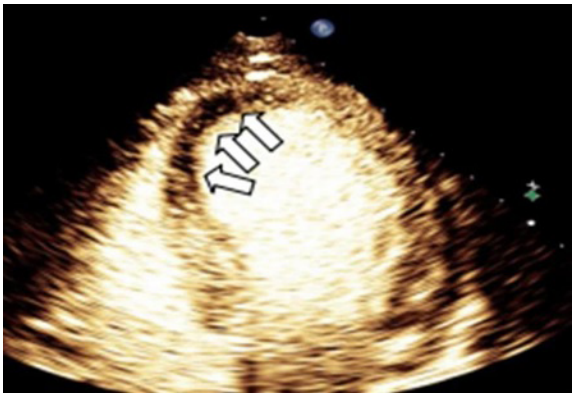
ЗЦШ-ийн үед эпикардиал судсанд үүссэн бүлэнг ТСДЭ-ээр нээж онгойлгох үед бичил бүлэнгүүд тасарч бичил эргэлтийн түвшинд бүлэнт бөглөрөл үүсгэдэг. Эндотель эсийн давхарга хөөж хавагнан хялгасан судасны хөндийг нарийсгасан байдаг нь бичил бүлэнгээр бөглөрөхийг нэмэгдүүлдэг.[21]

Эмгэг жамын дараагийн шатанд цагаан эсүүд захын байрлалд шилжсэнээр судасны ханын нэвчимхий чанар, үрэвслийг өдөөнө. Улмаар судасны хөндийгөөс эд рүү шилжсэн цагаан эсүүд нь завсрын эдийн гэмтэл, үрэвслийг эхлүүлдэг. Цочмог үрэвслийн улмаас завсрын эдэд бий болсон хаван, үрэвслийн шингэний хуримтлал нь хялгасан судсыг гаднаас дарж нарийсгах замаар эмгэг жамыг даамжруулдаг.[17,19,20,22]

ЗЦШ-ийн үеийн титмийн БЦЭ-ийн үнэлэх аргууд:

Инвазив бус оношилгооны арга: Тодосгогчтой ЗХАШ нь инерт шинж чанартай хий агуулсан бичил бөмбөлөгүүд бүхий тусгай зориулалтын тодосгогч бодис ашиглаж ЗЦШ-ийн үед титмийн БЦЭ-ийн бөглөрлийг илрүүлэх боломжтой шинжилгээ юм. Тус шинжилгээний үед бичил бөмбөлөгүүд бүхий тодосгогчийг венийн судсаар тарьсны дараа тодосгогч зүрхний хөндийд орж ирэхийг хүлээнэ. Үүний араас

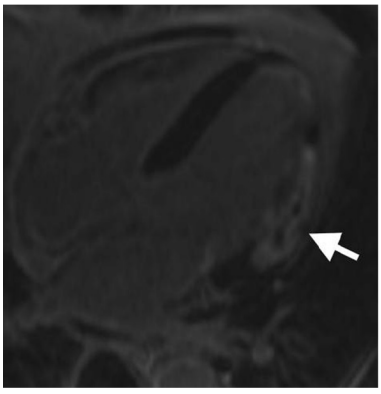
өндөр давтамжтай хэт авиан долгионоор үйлчилж бичил хийт бөмбөлөгүүдийг хагалах ба улмаар тодосгогч бодисын дараагийн урсгал ирэх үед зүрхний булчингийн БЦЭ-ийг хэрхэн дүүргэж буйг илрүүлэх дээр үндэслэдэг. Тодосгогчтой ЗХАШ-ээр титмийн БЦЭ-ийн бөглөрөл нь зүрхний булчингийн шигдээс болсон хэсэгт тодосгогч бодис нэвтрээгүй тодрол бага (гипоэхо)-тай бараан өнгөөр дүрслэгдэнэ (Зураг 1).[23]



Зураг 1. Тодосгогчтой ЗХАШ-д зүрхний зүүн ховдлын бөглөрөл.

Тайлбар: Зүүн ховдлын орой болон ховдол хоорондын таславчийн орой хэсэгт цусан хангамжгүй болсоныг илтгэх бараан өнгийн хэсгийг сумаар заав.

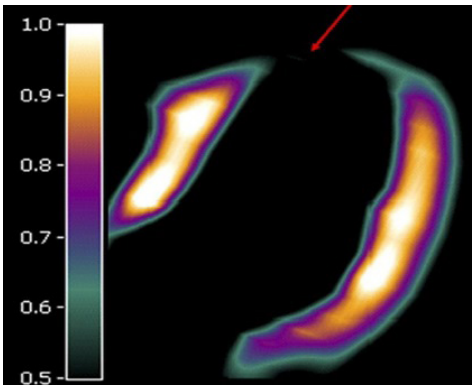
Зүрхний СРД нь ЗЦШ-ийн үеийн титмийн БЦЭ-ийн түвшинд үүссэн бөглөрлийг илрүүлэх, түүнээс улбаатай зүрхний булчинд үүссэн эдийн бүтцийн өөрчлөлтийг тодорхойлох мэдээлэл сайтай, инвазив бус шинжилгээний арга юм. Зүрхний СРД-д гадолин тодосгогч бодисыг тарьснаас хойш 10-15 минутын дараа авсан хожуу гадолин тодролын үед шигдээс болсон зүрхний булчин тодрол их (гиперэнханс)-тэй цайвар өнгөөр дүрслэгдсэний дотор тодрол бага (гипоэнханс)-тай бараан өнгөөр титмийн БЦЭ-ийн бөглөрөл тодорхойлогддог (Зураг 2). Тодрол багатай бүс нь титмийн БЦЭ-ийн түвшинд бөглөрөл үүссэний улмаас тэр хэсэгт тодосгогч бодис нэвтэрч чадаагүйг илтгэдэг.[24]



Зураг 2. Зүрхний зүүн ховдлын дөрвөн хөндийт дүрслэлд хожуу гадолин тодролын шатанд зүүн ховдлын урд хажуу хэсгийг хамарсан шигдээс

Тайлбар: Зүүн ховдлын урд хажуу хэсгийг хамарсан шигдээсийн дотор тодрол багатай бараан бүс байдлаар титмийн БЦЭ-ийн бөглөрөл тодорхойлогдсоныг сумаар заав.

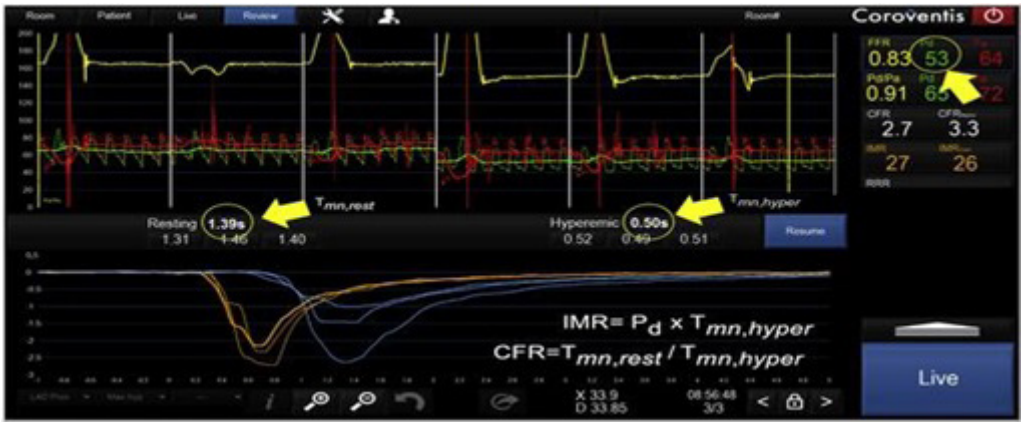
ПЭТ нь янз бүрийн цацраг идэвхит изотоп ашиглан зүрхний булчингийн цусан хангамжийн байдал болон метаболизмыг үнэлэх боломж олгодог инвазив бус шинжилгээний арга. ПЭТ шинжилгээний үед титмийн БЦЭ-ийн бөглөрөл нь зүрхний булчинд цацраг идэвхит изотопын шингээлтгүй бүс тодорхойлогдох байдлаар илэрдэг (Зураг 3).[25]



Зураг 3. ^{15}O-H_2O изотоп ашигласан ПЭТ шинжилгээгээр зүрхний зүүн ховдлын таславчийн оройн хэсгийг хамарсан шигдээсийн бүсэд изотоп шингээлтгүй бүс буюу титмийн БЦЭ-ийн бөглөрөл

Тайлбар: Зүрхний зүүн ховдлын таславчийн оройн хэсгийг хамарсан шигдээсийн бүсэд изотоп шингээлтгүй бүс буюу титмийн БЦЭ-ийн бөглөрөл илэрсэн байна.

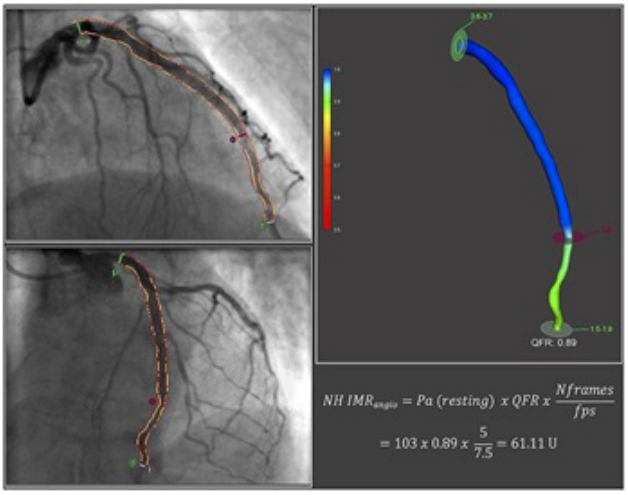
Инвазив оношилгооны арга*:* Эмнэлзүйд титмийн БЦЭ-ийн байдлыг инвазив аргаар үнэлэхдээ бичил цусны эргэлтийн эсэргүүцлийн индекс (БЦЭЭИ), титмийн урсгалын нөөц (ТУН) гэсэн үндсэн 2 хэмжигдэхүүнээр үнэлдэг. Ингэхдээ тусгай зориулалтын даралт болон температур мэдрэх чадамжтай титэм судасны чиглүүлэгч ашигладаг термодилуцийн аргыг алтан стандарт болгож авч үздэг (Зураг 4).[26, 27] Тус аргачлалаар титмийн бичил цусны эргэлтийг үнэлэхдээ дээр дурьдсан тусгай чиглүүлэгчийг ашиглан гол судасны даралт (Pa), титэм судасны дистал хэсгийн даралт (Pd), тэдгээрийн харьцаа (Pa/Pd) зэрэг хэмжилтүүдийг бүртгэгч төхөөрөмж дээр тэмдэглэж авна. Үүний дараа тасалгааны температурт хөргөж бэлтгэсэн физиологийн шингэнийг эхлээд тайван үед 3-5мл шахах ба энэ үед титэм судсан дахь температур огцом буурч эргээд аажмаар нэмэгдэж хэвийн болох хугацаа буюу шилжилтийн хугацаа (ШХ)-г мөн бүртгэж авна. Тайван үеийн хэмжилтийн дараа титэм судсанд аденозин шахаж титэм судсыг тэлж гипереми үүсгэсэн үед хэмжилтийг давтан хийнэ. Гиперемийн үед ШХ тайван үеийнхтэй харьцуулахад богино байна. Дээрхи байдлаар тайван болон гиперемийн үеийн хэмжилтийг тус бүр 3 удаа хийж тэдгээрийн дундаж хэмжилтийг титмийн БЦЭЭИ, ТУН зэрэг үзүүлэлтүүдийг тооцож гаргахад ашигладаг.[26]



Зураг 4. Титмийн бичил цусны эргэлтийг инвазиваар үнэлэх термодилуцийн аргачлал.

Хиймэл оюунд суурилсан оношилгоо: Сүүлийн жилүүдэд зүрх судасны дүрслэл оношилгооны чиглэлд хиймэл оюунд суурилсан дүрс боловсруулах программ хангамжууд нэвтэрснээр титмийн ангиографийн үнэлгээг нарийвчлал болон мэдээлэл сайтай байдлаар хялбар, хурдан хийх боломж бүрдээд байна.[9-11] Энэ хүрээнд ТСДО-оор авагдсан ангиографийн дүрсийг хиймэл оюун ухаанд суурилсан алгоритм ашиглан боловсруулах замаар титмийн цусны урсгалыг даралт, температур мэдрэгч чиглүүлэгчгүйгээр хэмжих боломжтой тоон урсгалын харьцаа (УТХ) технологи бий болсон нь уламжлалт технологиудтай дүйх хэмжээнд үнэлгээ хийдэг болох нь тогтоогджээ.[12, 13]

УТХ технологийг ашиглан ТСДО-оор авагдсан ангиографийн дүрс дээр оффлайн горимд хиймэл оюунд суурилсан программ хангамж ашиглан хэмжилт хийж титмийн эпикардиал цусны урсгал болон БЦЭ-ийн байдалд үнэлгээ өгнө (Зураг 5). Ингэхдээ ТСДО-оор өөр хоорондоо 25 хэмийн өнцөгөөс доошгүй зөрүүтэй авагдсан 2-хэмжээст ангиографийн дүрсийг боловсруулна. Энэхүү боловсруулалтаар зүрхний систол ба диастолын мөчлөг, судасны урт, судсан дундуур тодосгогч бодис урсч өнгөрөх хурдыг тооцоолох ба эдгээр хэмжилтээс гиперемийн үеийн цусны урсгалын хурдыг тооцоолж гаргана. Үүний дараа 2-хэмжээст дүрс боловсруулалтад үндэслэн тухайн судасны 3-хэмжээст дүрсийг үүсгэж улмаар эпикардиал судасны цусны урсгалыг илтгэх УТХ хэмжигдэхүүнийг тооцоолно. Эцэст нь өмнөх алхамуудын үед авагдсан хэмжилтүүдийг ашиглан титмийн БЦЭ-ийг тооцоолох томъёог ашиглан судас тус бүрээр титмийн БЦЭЭИ-ийг программ хангамж автоматаар тооцоолж гаргана.[28]



Зураг 5. Титмийн БЦЭЭИ-ийг хиймэл оюунд суурилсан ангиографийн дүрс боловсруулах УТХ технологийн тусламжтай тооцоолох аргачлал.

УТХ технологи нь энгийн нүдэнд харагдах эпикардиал судасны цусны урсгалд үнэлгээ өгөх төдийгүй энгийн нүдэнд харагдахгүй титмийн БЦЭ-д үнэлгээ өгөх боломжтойг сүүлийн үеийн судалгаанууд харуулаад байна.[14-16] Tebaldi нарын судлаачид титмийн архаг хам шинжтэй 200 өвчтөнд ангиографийн шинжилгээнд суурилсан титмийн БЦЭЭИ-ийг тооцоолж даралт мэдрэгч чиглүүлэгчтэй дүйх хэмжээний (AUC 0.76, 95% CI 0.61-0.88). хэмжилт хийдэг болохыг анх тогтоосон байдаг.[15] Fan нарын судлаачид 63 өвчтөнд ангиографийн дүрс боловсруулалтад үндэслэсэн программ хангамжийн тооцооллыг даралт, температур мэдрэгч чиглүүлэгчид суурилсан уламжлалт технологитой харьцуулсан судалгаагаар титмийн БЦЭЭИ-ийг хэмжихэд тус аргачлал нь өндөр нарийвчлалтай (AUC 0.94, 95% CI 0.91-0.97) арга болохыг дурьджээ.[14] Даралт, температур мэдрэгч тусгай чиглүүлэгч ашиглан титмийн БЦЭ-ийн байдалд үнэлгээ өгөх уламжлалт аргыг ТСДО-оор авагдсан ангиографийн дүрснээс БЦЭЭИ-ийг хэмжилт хийх хиймэл оюунд суурилсан программ хангамжтай харьцуулсан нийт 7 судалгааны 687 өвчтөнийг хамруулсан мета-анализаар хиймэл оюунд суурилсан программ хангамж нь уламжлалт аргатай дүйхүйц үр дүн өгч байжээ.[29]

Хэлцэмж: Хиймэл оюунд суурилсан ангиографийн дүрс боловсруулалтын технологи нь ЗЦШ-тэй өвчтөнүүдэд ТСДО, эмчилгээ хийгдэж буй эрт үед боловсруулалт хийж үр дүн гаргах боломжтой тул хугацаа алдаж хийгддэг инвазив бус СРД-ийн шинжилгээнээс өмнө титмийн БЦЭ-ийн бөглөрлийг илрүүлэх боломжийг олгох давуу талтай. Scarsini болон De Maria нарын судлаачид ЗЦШ-ийн үед титмийн БЦЭЭИ-ийг хиймэл оюунд суурилсан ангиографийн дүрс боловсруулалтын аргаар тодорхойлох нь зүрхний СРД-ийн шинжилгээгээр илрүүлсэн титмийн БЦЭ-ийн бөглөрөлтэй хамааралтай болохыг тогтоожээ.[30,31]

Scarsini нарын судлаачид цаашдын судалгаагаараа ЗЦШ-тэй нийт 568 өвчтөнд хиймэл оюунд суурилсан дүрс боловсруулалтын технологиор титмийн БЦЭЭИ-ийг тооцоолж улмаар тус хэмжилт 40 буюу түүнээс дээш өвчтөнүүдэд ЗЦШ-ийн дараах эрт үед буюу 30-хоногийн дотор зүрхний шалтгаант нас баралт, зүрхний шок, зүрхний цочмог дутагдал, аминд аюултай хэм алдагдал, зүрхний шигдээсийн дараах механик хүндрэлүүд, эмнэлэгт эргэн хэвтэлт зэрэг таагүй тавилангийн үзүүлэлтүүд их тохиолддог болохыг дурьдсан байна. Цаашилбал олон хүчин зүйлийн логик регрессийн шинжилгээгээр хиймэл оюунд суурилсан титмийн БЦЭЭИ-ийн хэмжилт нь дээр дурьдсан таагүй тавиланг урьдчилан таамаглах хүчтэй бие даасан үзүүлэлт болж байжээ (adjusted-OR=14.861, 95% CI 5.177-42.661,p<0.0001).[32]

Kotronias нарын судлаачид ЗЦШ тохиолдсон 262 өвчтөнийг 4.2 жилийн хугацаанд дагаж судлаад ТСДО, эмчилгээний үед авагдсан ангиографийн дүрсийг боловсруулах хиймэл оюунд суурилсан хэмжилтээр титмийн БЦЭЭИ>40 байх нь нас баралт, зүрх зогсолт, шинээр зүрхний дутагдал үүсэх зэрэг таагүй тавиланг урьдчилан таамаглах бие даасан үзүүлэлт болохыг тогтоосон байна (adjusted-HR=2.13, 95% CI 1.01-4.48, p=0.047).[28]

Дээрх судлаачдын үр дүнгүүд нь ангиографийн дүрсийг хиймэл оюунд суурилсан программ хангамж ашиглан боловсруулж тооцсон титмийн БЦЭЭИ-ийг ЗЦШ-ийн үед өвчтөний эрт болон хожуу үеийн тавиланг таамаглах үзүүлэлт болгож ашигласнаар эрсдлийн үнэлгээг сайжруулах ач холбогдолтой болохыг харуулж байна.

Дүгнэлт: Манай оронд зүрх судасны өвчлөл дотроос ЗЦШ нь цаг алдалгүй яаралтай тусламж үйлчилгээ шаарддаг эрсдэл өндөртэй өвчлөл байсаар байна. Хэдийгээр ЗЦШ-ийн оношилгоо, эмчилгээнд яаралтай журмаар хийгдэх ТСДО, эмчилгээ өргөнөөр нэвтэрч буй боловч ЗЦШ-ийн эмгэг жамд чухал ач холбогдолтой титмийн БЦЭ-ийн байдалд үнэлгээ өгөх технологи манай оронд хараахан нэвтрээгүй байна.

ЗЦШ-ийн үед титмийн БЦЭ-ийн бөглөрлийг илрүүлэх уламжлалт инвазив бус болон инвазив бус шинжилгээний аргачлалууд нь өндөр технологи шаардсан, өртөг зардал ихтэй, өргөн хүрээнд хэрэглэх боломжгүй зэрэг байдал нь эдгээр технологи манай орны эмнэлзүйн практикт нэвтрэх боломжийг хязгаарлах хүчин зүйлс болжээ.

Харин ТСДО, эмчилгээний үед авагдсан ангиографийн дүрсийг хиймэл оюунд суурилсан дүрс боловсруулалтын технологи ашиглан боловсруулж тооцоолол хийх боломжтой программ хангамж сүүлийн жилүүдэд бий болсон нь ЗЦШ-ийн үед титмийн БЦЭ-ийн алдагдлыг эрт илрүүлэх, оношилгоог боловсронгуй болгох, өвчтөний эрт болон хожуу үеийн эрсдлийн үнэлгээг сайжруулахад чухал ач холбогдолтой юм.

Ном зүй:

1. *Эрүүл мэндийн хөгжлийн төв. Халдварт бус өвчин. Эрүүл мэндийн үзүүлэлт 2023. 2023:122-159.*
2. *Эрүүл мэндийн хөгжлийн төв. Хүн амын нас баралт. Эрүүл мэндийн үзүүлэлт 2023. 2023:162-177.*
3. *Эрүүл мэндийн хөгжлийн төв. Зүрх судасны тогтолцооны шалтгаант нас баралт. Эрүүл мэндийн үзүүлэлт 2023. 2023:169-174.*
4. *Libby P and Theroux P. Pathophysiology of coronary artery disease. Circulation. 2005;111:3481-8.*
5. *Galli M, Niccoli G, De Maria G, Brugaletta S, Montone RA, Vergallo R, Benenati S, Magnani G, D'Amario D, Porto I, Burzotta F, Abbate A, Angiolillo DJ and Crea F. Coronary microvascular obstruction and dysfunction in patients with acute myocardial infarction. Nat Rev Cardiol. 2024;21:283-298.*
6. *Niccoli G, Scalone G, Lerman A and Crea F. Coronary microvascular obstruction in acute myocardial infarction. Eur Heart J. 2016;37:1024-33.*
7. *Lanza GA, Camici PG, Galiuto L, Niccoli G, Pizzi C, Di Monaco A, Sestito A, Novo S, Piscione F, Tritto I, Ambrosio G, Bugiardini R, Crea F, Marzilli M and Gruppo di Studio di Fisiopatologia Coronarica e Microcircolazione SIdC. Methods to investigate coronary microvascular function in clinical practice. J Cardiovasc Med (Hagerstown). 2013;14:1-18.*
8. *Pries AR, Habazettl H, Ambrosio G, Hansen PR, Kaski JC, Schachinger V, Tillmanns H, Vassalli G, Tritto I, Weis M, de Wit C and Bugiardini R. A review of methods for assessment of coronary microvascular disease in both clinical and experimental settings. Cardiovasc Res. 2008;80:165-74.*
9. *Cook CM, Warisawa T, Howard JP, Keeble TR, Iglesias JF, Schampaert E, Bhindi R, Ambrosia A, Matsuo H, Nishina H, Kikuta Y, Shiono Y, Nakayama M, Doi S, Takai M, Goto S, Yakuta Y, Karube K, Akashi YJ, Clesham GJ, Kelly PA, Davies JR, Karamasis GV, Kawase Y, Robinson NM, Sharp ASP, Escaned J and Davies JE. Algorithmic Versus Expert Human Interpretation of Instantaneous Wave-Free Ratio Coronary Pressure-Wire Pull Back Data. JACC Cardiovasc Interv. 2019;12:1315-1324.*
10. *Du T, Xie L, Zhang H, Liu X, Wang X, Chen D, Xu Y, Sun Z, Zhou W, Song L, Guan C, Lansky AJ and Xu B. Training and validation of a deep learning architecture for the automatic analysis of coronary angiography. EuroIntervention. 2021;17:32-40.*
11. *In Kim Y, Roh JH, Kweon J, Kwon H, Chae J, Park K, Lee JH, Jeong JO, Kang DY, Lee PH, Ahn JM, Kang SJ, Park DW, Lee SW, Lee CW, Park SW, Park SJ and Kim YH. Artificial intelligence-based quantitative coronary angiography of major vessels using deep-learning. Int J Cardiol. 2024;405:131945.*
12. *Westra J, Andersen BK, Campo G, Matsuo H, Koltowski L, Eftekhari A, Liu T, Di Serafino L, Di Girolamo D, Escaned J, Nef H, Naber C, Barbierato M, Tu S, Neghabat O, Madsen M, Tebaldi M, Tanigaki T, Kochman J, Somi S, Esposito G, Mercone G, Mejia-Renteria H, Ronco F, Botker HE, Wijns W, Christiansen EH and Holm NR. Diagnostic Performance of In-Procedure Angiography-Derived Quantitative Flow Reserve Compared to Pressure-Derived Fractional Flow Reserve: The FAVOR II Europe-Japan Study. J Am Heart Assoc. 2018;7.*
13. *Xu B, Tu S, Song L, Jin Z, Yu B, Fu G, Zhou Y, Wang J, Chen Y, Pu J, Chen L, Qu X, Yang J, Liu X, Guo L, Shen C, Zhang Y, Zhang Q, Pan H, Fu X, Liu J, Zhao Y, Escaned J, Wang Y, Fearon WF, Dou K, Kirtane AJ, Wu Y, Serruys PW, Yang W, Wijns W, Guan C, Leon MB, Qiao S, Stone GW and group FICs. Angiographic quantitative flow ratio-guided coronary intervention (FAVOR III China): a multicentre, randomised, sham-controlled trial. Lancet. 2021;398:2149-2159.*

14. Fan Y, Fezzi S, Sun P, Ding N, Li X, Hu X, Wang S, Wijns W, Lu Z and Tu S. In Vivo Validation of a Novel Computational Approach to Assess Microcirculatory Resistance Based on a Single Angiographic View. J Pers Med. 2022;12.
15. Tebaldi M, Biscaglia S, Di Girolamo D, Erriquez A, Penzo C, Tumscitz C and Campo G. Angio-Based Index of Microcirculatory Resistance for the Assessment of the Coronary Resistance: A Proof of Concept Study. J Interv Cardiol. 2020;2020:8887369.
16. Mejia-Renteria H, Lee JM, Choi KH, Lee SH, Wang L, Kakuta T, Koo BK and Escaned J. Coronary microcirculation assessment using functional angiography: Development of a wire-free method applicable to conventional coronary angiograms. Catheter Cardiovasc Interv. 2021;98:1027-1037.
17. Virmani R, Forman MB and Kolodgie FD. Myocardial reperfusion injury. Histopathological effects of perfluorochemical. Circulation. 1990;81:IV57-68.
18. Hollander MR, de Waard GA, Konijnenberg LS, Meijer-van Putten RM, van den Brom CE, Paauw N, de Vries HE, van de Ven PM, Aman J, Van Nieuw-Amerongen GP, Hordijk PL, Niessen HW, Horrevoets AJ and Van Royen N. Dissecting the Effects of Ischemia and Reperfusion on the Coronary Microcirculation in a Rat Model of Acute Myocardial Infarction. PLoS One. 2016;11:e0157233.
19. Kloner RA, Rude RE, Carlson N, Maroko PR, DeBoer LW and Braunwald E. Ultrastructural evidence of microvascular damage and myocardial cell injury after coronary artery occlusion: which comes first? Circulation. 1980;62:945-52.
20. Reimer KA and Jennings RB. The changing anatomic reference base of evolving myocardial infarction. Underestimation of myocardial collateral blood flow and overestimation of experimental anatomic infarct size due to tissue edema, hemorrhage and acute inflammation. Circulation. 1979;60:866-76.
21. Schwartz RS, Burke A, Farb A, Kaye D, Lesser JR, Henry TD and Virmani R. Microemboli and microvascular obstruction in acute coronary thrombosis and sudden coronary death: relation to epicardial plaque histopathology. J Am Coll Cardiol. 2009;54:2167-73.
22. Kloner RA, Ganote CE and Jennings RB. The "no-reflow" phenomenon after temporary coronary occlusion in the dog. J Clin Invest. 1974;54:1496-508.
23. Lyu WY, Qin CY, Wang XT, Shi SL, Liu HL and Wang JW. The application of myocardial contrast echocardiography in assessing microcirculation perfusion in patients with acute myocardial infarction after PCI. BMC Cardiovasc Disord. 2022;22:233.
24. Abbas A, Matthews GH, Brown IW, Shambrook JS, Peebles CR and Harden SP. Cardiac MR assessment of microvascular obstruction. Br J Radiol. 2015;88:20140470.
25. Harms HJ, de Haan S, Knaapen P, Allaart CP, Lammertsma AA and Lubberink M. Parametric images of myocardial viability using a single 15O-H2O PET/CT scan. J Nucl Med. 2011;52:745-9.
26. Candreva A, Gallinoro E, van 't Veer M, Sonck J, Collet C, Di Gioia G, Kodeboina M, Mizukami T, Nagumo S, Keulards D, Fournier S, Pijls NHJ and De Bruyne B. Basics of Coronary Thermodilution. JACC Cardiovasc Interv. 2021;14:595-605.
27. Fearon WF and Kobayashi Y. Invasive Assessment of the Coronary Microvasculature: The Index of Microcirculatory Resistance. Circ Cardiovasc Interv. 2017;10.
28. Kotronias RA, Terentes-Printzios D, Shanmuganathan M, Marin F, Scarsini R, Bradley-Watson J, Langrish JP, Lucking AJ, Choudhury R, Kharbanda RK, Garcia-Garcia HM, Channon KM, Banning AP and De Maria GL. Long-Term Clinical Outcomes in Patients With an Acute ST-Segment-Elevation Myocardial Infarction Stratified by Angiography-Derived Index of Microcirculatory Resistance. Front Cardiovasc Med. 2021;8:717114.
29. Fernandez-Peregrina E, Garcia-Garcia HM, Sans-Rosello J, Sanz-Sanchez J, Kotronias R, Scarsini R, Echavarria-Pinto M, Tebaldi M and De Maria GL. Angiography-derived versus invasively-determined index of microcirculatory resistance in the assessment of coronary microcirculation: A systematic review and meta-analysis. Catheter Cardiovasc Interv. 2022;99:2018-2025.
30. Scarsini R, Shanmuganathan M, Kotronias RA, Terentes-Printzios D, Borlotti A, Langrish JP, Lucking AJ, Ox AMISI, Ribichini F, Ferreira VM, Channon KM, Garcia-Garcia HM, Banning AP and De Maria GL. Angiography-derived index of microcirculatory resistance (IMR(angio)) as a novel pressure-wire-free tool to assess coronary microvascular dysfunction in acute coronary syndromes and stable coronary artery disease. Int J Cardiovasc Imaging. 2021;37:1801-1813.
31. De Maria GL, Scarsini R, Shanmuganathan M, Kotronias RA, Terentes-Printzios D, Borlotti A, Langrish JP, Lucking AJ, Choudhury RP, Kharbanda R, Ferreira VM, Oxford Acute Myocardial Infarction Study I, Channon KM, Garcia-Garcia HM and Banning AP. Angiography-derived index of microcirculatory resistance as a novel, pressure-wire-free tool to assess coronary microcirculation in ST elevation myocardial infarction. Int J Cardiovasc Imaging. 2020;36:1395-1406.
32. Scarsini R, Kotronias RA, Della Mora F, Portolan L, Andreaggi S, Benenati S, Marin F, Sgreva S, Comuzzi A, Butturini C, Pesarini G, Tavella D, Channon KM, Garcia Garcia HM, Ribichini F, Banning AP and De Maria GL. Angiography-Derived Index of Microcirculatory Resistance to Define the Risk of Early Discharge in STEMI. Circ Cardiovasc Interv. 2024;17:e013556.

Coronary Microcirculation in Acute Myocardial Infarction and the Clinical Significance of Artificial Intelligence-Based Software

Batzaya Ts[1,2,3], Surenjav Ch[3,5], Batmyagmar Kh[4,5], Narantuya D[2], Lkhagvasuren Z[3], Tsolmon U[1]

[1]Department of Cardiology, School of Medicine, MNUMS
[2]Coronary Care Department, National Cardiovascular Center, Third State Central Hospital in Mongolia
[3]Intravascular Diagnostic and Treatment Center, National Cardiovascular Center, Third State Central Hospital in Mongolia
[4]Angiography Department, Brilliant Hospital
[5]Mongolian Interventional Cardiology Research Center
E-mail: zayaz0925@gmail.com, Tel: +976-91000043

Background: Cardiovascular diseases (CVDs) is a third leading cause of non-communicable diseases and a leading cause of mortality in Mongolia. Among these, acute myocardial infarction (AMI), a complication of coronary artery disease (CAD), is a leading cause of cardiovascular mortality. In patients with AMI, both epicardial artery blood flow, observed through coronary angiography, and coronary microcirculatory dysfunction (CMD) play critical roles in the disease's pathophysiology. Recent advancements have introduced artificial intelligence (AI)-based softwares which are capable of analyzing coronary blood flow from coronary angiography images. The AI based softwares can assess not only epicardial blood flow but also CMD in recent studies. In this review, we discussed the role of CMD in pathophysiology of AMI, diagnostic approaches, the application of AI-based technologies, their clinical significance, and future directions.

Aim: This review aims to explore the pathophysiological relationship of coronary microcirculatory dysfunction (CMD) in the context of acute myocardial infarction (AMI), diagnostic methodologies, the application of artificial intelligence (AI)-based technologies, and their clinical significance.

Hypotheses:

1. AI-based software allows for highly accurate assessment of coronary microcirculation during AMI.
2. CMD during AMI is associated with structural and functional changes in the heart.
3. CMD during AMI is related to disease prognosis and patient outcomes.

Methodology: This narrative review was compiled using a systematic and logical approach, based on publicly available recent clinical and biomedical research literature addressing the above hypotheses.

Conclusion: In recent years, AI-based image processing software has been developed to analyze angiographic images obtained during percutaneous coronary intervention (PCI) and treatment procedures. These tools show significant promise for early detection and improved diagnosis of CMD during AMI, as well as for better assessment of short- and long-term patient risk.

Keywords: Coronary artery disease, Acute myocardial infarction, Angiography, coronary microcirculation, Artificial intelligence.