

# Монгол улсад анх удаа суурилагдсан “CLINAC iX” шугаман хурдасгуур аппаратын фотон цацрагийн комишонинг, түүний ач холбогдол

В.Энхцэцэг<sup>1\*</sup>, Ш.Мөнхбат<sup>1</sup>, Ч.Болорчимэг<sup>1</sup>, Ц.Болортуяа<sup>1</sup>, С.Ариунсанаа<sup>1</sup>, В.Эрдэнэбилэг<sup>1</sup>, Г.Одонтуяа<sup>1</sup>, Г.Навчаа<sup>1,2</sup>, М.Минжмаа<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Туяа эмчилгээний тасаг, Хавдар судлалын үндэсний төв

<sup>2</sup> Гунмагийн Анагаах ухааны их сургууль

Туяа эмчилгээнд шугаман хурдасгуур аппарат нэвтэрсэнээр хорт хавдартай өвчтөнүүдэд илүү найдвартай, чанартай эмчилгээ хийлгэх боломжийг олгож байна. Шинээр суурилуулсан шугаман хурдасгуур аппаратад КОМИШИОНИНГ буюу цацрагийн тохируулга хийж баталгаажуулсанаар туяа эмчилгээ хийх нөхцөл бүрддэг. Энэхүү судалгааны ажлаар 2019 онд Монгол улсад анх удаа Хавдар судлалын үндэсний төвд суурилагдсан CLINAC iX шугаман хурдасгуур аппаратыг хүлээн авч баталгаажуулан, 6 болон 10 МВ энергитэй фотон цацрагийн дозиметрийн параметруудийг хэмжиж, үр дүнг боловсруулан физик төлөвлөлтийн системийг модельчлон, КОМИШИОНИНГ-ийн ач холбогдлыг үнэллээ.

Түлхүүр үгс: Түлхүүр үг: комишонинг, шугаман хурдасгуур

## СУДАЛГААНЫ ҮНДЭСЛЭЛ

Туяа эмчилгээнд Шугаман хурдасгуур аппарат нэвтэрсэнээр хорт хавдартай өвчтөнүүдэд илүү найдвартай, чанартай эмчилгээ хийлгэх боломжийг олгож байна.

Шугаман хурдасгуур аппарат нь тунг тооцоолох алгоритм, физик храктеристик сайтай харьцангуй өндөр энергийн цацрагийн үүсгүүр, цацрагийг хэлбэржүүлэх цогц систем, дүрс зургийн хяналтын нэмэлт төхөөрөмж, эмчилгээний мэдээллийн цахим систем зэрэг технологийн дэвшилд суурилсан нийлмэл техник юм.

Шинээр суурилуулсан шугаман хурдасгуур аппаратад КОМИШИОНИНГ буюу цацрагийн дозиметрийн параметруудийг цуглуулж, физик төлөвлөлтийн системийг модельчлон баталгаажуулсанаар энэхүү төвөгтэй техникээр туяа эмчилгээ хийх нөхцөл бүрддэг. Мөн КОМИШИОНИНГ нь тухайн аппаратын ашиглалтын хугацаанд хийгдэх цацрагийн чанарын баталгаа, чанарын хяналтыг хангах үндсэн эталон болдог байна.

Эмнэлгийн физикч нарын хувьд мэргэжлийн ур чадвар, мэдлэг, дадлага туршлага, цаг хугацаа шаардсан Шугаман хурдасгуур аппаратын КОМИШИОНИНГ-ийг өндөр түвшинд хийснээр цацрагийн аюулгүй байдлыг хангах ба олон өвчтөнийг хамарсан болзошгүй цацрагийн ослоос сэргийлнэ.

## Судалгааны зорилго:

Энэхүү судалгааны ажлаар CLINAC iX шугаман хурдасгуур аппаратын 6 болон 10 МВ энергитэй фотон цацрагийн КОМИШИОНИНГ буюу цацрагийн дозиметрийн параметруудийг хэмжиж, үр дүнг боловсруулан физик төлөвлөлтийн системийг модельчлон баталгаажуулах, чанарын хяналтын зааварчилгаа бэлтгэх, түүний ач холбогдлыг үнэлэх.

## Зорилт:

1. 6 болон 10МВ энергитэй фотон цацрагийн дозиметрийн параметруудийг цуглуулах
2. Хэмжилтийн үр дүнг боловсруулж, харьцуулах
3. Дозиметрийн параметруудээр Eclipse 15.6 физик төлөвлөлтийн системийн ААА алгоритмыг модельчлох, баталгаажуулах
4. Модельчилсон алгоритмаар фотон цацрагийн тунгийн тооцоолыг хийх
5. КОМИШИОНИНГ-ийн ач холбогдлыг үнэлэх.

## СУДАЛГААНЫ МАТЕРИАЛ, АРГА ЗҮЙ

Зайн туяа эмчилгээний CLINAC iX шугаман хурдасгуур нь 6 болон 10МВ энергитэй фотон цацраг, цацрагийг хэлбэржүүлэх 120 ширхэг ялтас бүхий олон хятаст коллиматор, дүрс зургийн хяналтын ЭПИД (EPID) систем болон

\* Electronic address: enkhee@cancer-center.gov.mn

15-600 хүртлэх хөдөлгөөнт клинтэй (EDW). Эмчилгээний хамгийн бага талбай  $3 \times 3 \text{ см}^2$ , хамгийн их талбай  $40 \times 40 \text{ см}^2$ , 100 см –ийн үүсгүүрээс төв тэнхлэг хүртэлх зайтай.

Хэмжилтэнд “Eclipse Beam Configuration Reference Guide 15.53, “Eclipse Photon and Electron Algorithms Reference Guide 15.5” зааварчилгаа, AAPM “TG-106”, Олон улсын атомын энергийн агентлагийн (ОУАЭА) TRS-397 “Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy”, Варианы “Acceptance Testing Protocol”, NCRP 151, ОУАЭА-ийн “Safety Report Series 47” зөвлөмжүүдийг удирдамж болгосон.

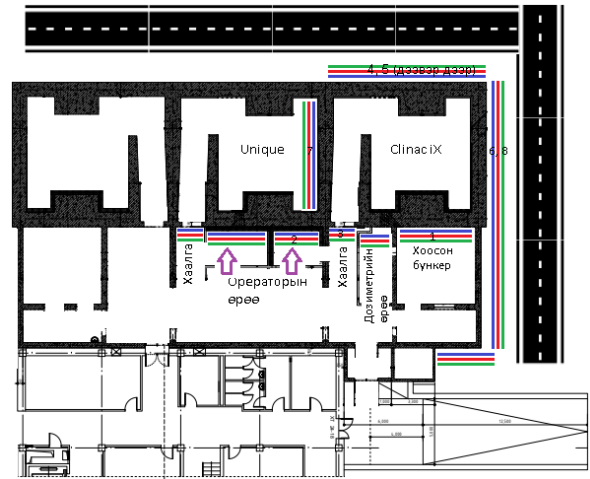
Цацрагийн дозиметрийн параметрууд буюу фотон цацрагийн төв тэнхлэгийн дагуу гүнд шингэсэн тун (PDD), хэвтээ (in-plane) болон хөндлөн (cross-plane) тэнхлэгийн дагуух профайлыг хэмжихэд 3 хэмжээст PTW MP3 усан пантом, камерын эффектив цэгийг тодорхойлох TRUFIX систем, Semiflex 0.125cc иончлолын камер, гаралтын факторыг хэмжихэд Semiflex 0.125cc иончлолын камер, цацрагийн абсолют тунг хэмжихэд тохируулга хийгсэн Farmer 0.6cc иончлолын камер ашигласан.

Хүлээн авах баталгаажуулах тест хийхэд механик хэмжилтийн багажууд, Fluke сурвэйметр, радиохромик хальс, ашиглав.

Гүнд шингэсэн тун болон профайлын үр дүнг MERTHYSTO mc2 navigation программаар боловсруулж, Eclipse 15.6 төлөвлөлтийн системийн өргөтгөлд хөрвүүлэн AAA алгоритмыг модельчлоход ашигласан. Microsoft Excel программаар орчны цацрагийн аюулгүй байдал, гаралтын фактор, абсолют тунг тооцоолсон.

### 1. Орчны цацрагийн аюулгүй байдлыг шалгах тест

Clinac iX шугаман хурдасгуурын орчны цацрагийн хяналтыг Fluke сурвэйметрээр цацрагийн тусгалын анхдагч болон сарнисан чиглэлд мөн толгойн нэвчилтийг харгалзан хэмжиж тооцоолсон. Хэмжилтийн цэгүүдийг зураг 1- д үзүүлэв.



Зураг 1. Туяа эмчилгээний төвийн бүдүүвч. 1. Хоосон бункер, 2. Clinac iX операторын өрөө, 3. Clinac iX – ийн бункерийн хаалга, 4. Гадна хана, 5. Дээвэр, 6. Гадна хана, 7. Unique бункер дотор, 8. Дээвэр дээр.

Хэмжилтийг хамгийн их энерги буюу 10МВ-ийн фотоны хувьд анхдагч цацрагийн чиглэлд талбайн хэмжээ  $40 \times 40 \text{ см}^2$ , коллиматор  $45^\circ$ , сарнисан цацрагийн чиглэлд талбайн хэмжээ  $40 \times 40 \text{ см}^2$ , коллиматорийн өнцөг  $0^\circ$  үед сарниулагч материалтайгаар, толгойн нэвчилтийг х, у болон олон хавтаст коллиматорын бүрэн хааж хананаас 30см зайд, 0.5, 1.2, 2 метр өндөрт матрикс байдлаар хийж хэмжилтийн хамгийн их утгыг тооцоололд ашигласан. Тооцооллийг NCRP 151 болон IAEA Safety Report Series 47 протоколын дагуу дараах томъёогоор тооцолсон.

$$R_W = \frac{IDR W_{pri} U_{pri}}{\dot{D}_0} \quad (1)$$

$$R_W = \left( IDR_L \frac{W_L}{\dot{D}_0} \right) + \left( IDR_{ps} \frac{W_{ps} U_{ps}}{\dot{D}_0} \right)$$

Үүнд:

$R_W$  – Долоо хоногийн шарсан тунг [ $\text{Зв}^{-1}$ ]

$IDR$  – Хэмжилтийн утга [ $\text{Зв} \text{ h}^{-1}$ ]

$\dot{D}_0$  – Шингэсэн тунгийн чадал [ $1 \text{ м} (\text{Гр} \text{ ц}^{-1})$ ]

$W_{pri}$  – Долоо хоногийн ачаалал [ $\text{Гр}/\text{долоо хоног}$ ]

$U_{pri}$  – Ашиглалтын фактор

### 2. Механик тест

CLINAC iX шугаман хурдасгуурын лазер, гэрлэн талбай, оптик зай хэмжигч, толгой, коллиматорын болон ор, олон ялтаст коллиматорын хөдөлгөөний нарийвчлэлийг Вариан-ний “Acceptance Testing Protocol” зөвлөмжийн дагуу шалгасан. Уг протоколын

дагуу механик хэмжигдэхүүний алдаа 1.0 мм-ээс бага, эргэлтийн хэмжигдэхүүний алдаа 1°-аас бага байх шаардлагатай.

Хэмжилтэнд пронт пойнтер, миллиметрийн хуваарьтай цаас, тэгш ус, пендулан лазер зэргийг ашигласан.

Цацрагийн изоцентрыг шалгах "Spoke shot" тестийг радиоохмик хальс, Epson V800 сканнер ашиглан хийж, хэмжилтийн утгыг Film Pro программар боловсруулж анализ хийсэн.

Цацрагийн талбайг гэрлэн талбайтай харьцуулан шалгахдаа радиоохмик хальс ашигласан. Аппаратын гар болон орны удирдлага, ЭПИД-ийн удирдлагын аюулгүй ажиллагааг шалгасан.

### 3. Фотон цацрагийн шинж чанарыг тодорхойлох

#### а. Абсолют тун

Clinac iX шугаман хурдасгуурын 6 болон 10МВ фотон энергийн абсолют тунгийн хэмжээг Олон улсын атомын энергийн агентлагийн TRS-398 "Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy" протоколын дагуу хэмжиж тооцооллоо.

Хэмжилтийг PTW MP3 усан пантом, Farmer 0.6сс иончлолын камер, PTW weblin детектор болон агаарын даралт, температур хэмжигч хэрэглэв. Farmer иончлолын камер нь БНСУ-ын КИРАМС эмнэлгийн цацрагийн хоёрдогч лабораторид 2017 онд баталгаажуулалт хийгдсэн болно.

Хэмжилтийн нөхцөл нь 6 болон 10МВ фотон энерги тус бүр дээр SSD 100 см, талбай хэмжээ 10x10 см<sup>2</sup>, гүн 10 см, МЮ (MU) 100 байсан.

Абсолют тунг тодорхойлохдоо доорх томъёог ашиглав.

$$D_{w, Q_0} = M_Q N_{D, w, Q_0} K_{t, p} K_{Q, Q_0} K_{pol} K_{sat} \quad (2)$$

Үүнд:

$D_{w, Q_0}$  – Усанд шингэсэн тун [Гр]

$M_Q$  – Хэмжилтийн утга [нКл]

$N_{D, w, Q_0}$  – Усанд шингэсэн тунгийн дүйцүүлэх коэффициент [Гр/нКл]

$K_{t, p}$  – Иончлолын камерийн даралт,

температурын засварын коэффициент

$K_{Q, Q_0}$  – Цацрагийн чанарын коэффициент

$K_{pol}$  – Туйлшралын коэффициент

$K_{sat}$  – Цэнэгжилтийн коэффициент

Шингэсэн тунгын утгыг электрометрийн туйлшрал, иончлолын камерт хос үүсэх, даралт

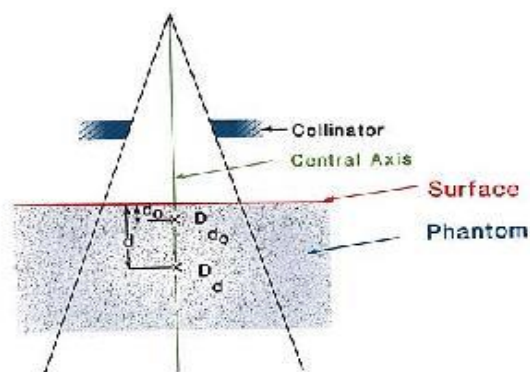
ба температурын болон хугацааны засварын факторуудаар засварласан. Хэмжилтийн дундаж утгыг тооцоололд ашигласан.

TRS-398 протоколд абсолют тунгийн утгын алдаа  $\pm 1\%$ -аас хэтрэхгүй гэж заасан байдаг.

#### б. Гүнд шингэсэн тун (PDD), профайль

Фотон цацрагийн гүнд шингэсэн тун, профайлийг 3-40 см<sup>2</sup> талбайд, SSD 100 см нөхцөлд хэмжсэн. Профайлийг хэвтээ (in-plane) болон хөндлөн (cross-plane) тэнхлэгийн дагуу  $d_{max}$ -30 см гүнд хэмжсэн.

Хэмжилтэнд PTW MP3 усан фантом, TRUFIX систем, Semiflex 6412, 6413 иончлолын камерууд, TANDEM болон MERNHYSTO mc2 программ тус тус ашиглагдсан. Хэмжилтийн алхам 0,5-аас 1 мм, хурд 0,3 мм/с байхаар сонгов. ОУАЭА-ийн TRS-398 протоколыг ашигласан тооцоолсон ба ГШТ-г хэмжих нөхцлийг доорх зурагт харуулав.



Зураг 2. ГШТ-ийн хэмжилтийн нөхцөл.

ГШТ болон цацрагийн чанарын фактор  $Q_i$ -г тус бүр доорх томъёогоор тооцооллоо.

$$PDD = (D_d / D_{d_0}) \times 100 \quad (3)$$

$$Q_i = 1.2661 * (D_{200} / D_{100}) - 0.0595$$

Хэмжигдсэн профайль дээр MERNHYSTO mc2 программаар процесс хийсэн. Тэгшлэг чанар (flatness)-ыг  $(100 \times D_{max}/D_{min})$ , тэгш хэмт чанар (symmetry)-ыг  $(100 \times D(x)/D(-x))_{max}$ , тодорхойлсон.

#### в. Гаралтын фактор (OF)

Гаралтын факторыг МЮ 100, үүсгүүрээс гадарга хүртлэх зай (SSD) 100 см, гүн 10 см нөхцөлд 3-40 см<sup>2</sup> дөрвөлжин болон тэгш өнцөгт талбайд PTW MP3 усан пантом, semiflex 6412 иончлолын камер, TANDEM ашиглан хэмжсэн. Хэмжилтийн дундаж утгыг тооцоололд авч ашигласан. Үр дүнг өгөгдсөн буюу 10x10 см<sup>2</sup>

талбайд хэмжигдсэн утгын харьцаагаар тооцоолов.

$$OF_{ХХУ} = \frac{M_{Х*У}}{M_{10*10}} \quad (4)$$

Үүнд:

$OF_{ХХУ}$  – Цацрагийн гаралтын фактор

$M_{ХХУ}$  – ХХУ талбайд хэмжилтийн утга

$M_{10x10}$  –  $10x10$  см<sup>2</sup> талбайд хэмжилтийн утга

г. Олон ялтаст коллиматорын нэвтрэлтийн фактор (MLC transmission) болон Хавтас завсрын дозиметр (DLG)

Хэмжилтэнд хатуу усан пантом, PTW Semiflex детектор, PTW Unidos электрометр ашиглан, үүсгүүрээс гадарга хүртлэх зай 100см, гүн = 10см, тайлбайн хэмжээ  $10x10$  см<sup>2</sup> нөхцөлд хэмжив.

Олон ялтаст коллиматорын нэвтрэлтийн факторыг олон хавтаст коллиматорын А болон В хавтас тус бүр хаалттай үед хэмжсэн дундаж утга  $R_T = \frac{(R_{TA} + R_{TB})}{2}$  -г нээлттэй талбайд хэмжсэн  $R_{open}$  утгад харьцуулан дараат томъёогоор тооцоолов.

$$R_{trans} = \frac{R_T}{R_{open}} \quad (5)$$

ХЗД-г олон ялтаст коллиматорын 2, 4, 6, 10, 14, 16, 20 мм хэмжээтэй нээж хэмжсэн ба дараах томъёогоор тооцоолсон.

$$R_{gT} = R_T \left(1 - \frac{g(mm)}{120(mm)}\right) R'_g = R_g - R_{gT} \quad (6)$$

Үүнд:  $g(mm)$  Нээлтийн хэмжээ

120 Нээлттэй олон ялтасны тоо

$R_g$  Завсрын шилжсэн утга

$R_{gT}$  Нэвтрэлтийн фактор

$R_T$  коллиматорын А болон В хавтас тус бүр хаалттай үед хэмжсэн дундаж утга

#### 4. Дүрс зургийн чанарын хяналтын тест

ЭПИД-ийн механик нарийвчлалыг 5 байрлалд P1: 0/0/0, P2: -30/0/0, P3: -40/0/0, P4: -50/0/0, P5: -60/0/0/ алдаа  $\pm 1$ мм байхаар, хөдөлгөөнийг орны уртын дагуу  $\geq 40$ см, хажуу тал руугаа  $\geq 31,8$ см дотор байгаа эсэхийг мөн аппаратын толгойн эргэлттэй харьцуулахад  $0^\circ$ -т P1 байрлалд шалгав. Аюулгүй ажиллагааны хувьд мөргөлтийн эсрэг дохиололыг шалгав.

ЭПИД –ийн зургийн чанарыг Лас вегас пантом ашиглан, гарны утгыг -40.0/0.0/0.0см, МЮ 20 нөхцөлд 6 болон 10МВ энергитэй фотон цацраг тус бүрд хийсэн.

## ҮР ДҮН

### 1. Орчны цацрагийн аюулгүй байдлыг шалгах тест

Хэмжилтийн утга 0.06-1.82 мЗв/ц байсан. Хэмжилтийн хамгийн өндөр утга нь толгойн өнцөг  $90^\circ$  үед машин зам дагуу 1.82мЗв/Ц байсан ба NCRP-151 ээр TADR-ийг тооцоолоход 0.25мкЗв/7хоног – 37.92мкЗв/7хоног байсан. Жилийн эквивалент тунгийн хэмжээ 0.05 мЗв/жил байсан.

Үүнээс хамгийн их утга нь хаалганы бариул, хоосон бункерийн зүүн дээд хэсэг, зам дагуух гэсэн байрлалууд байв. TADR болон эквивалент тунгийн хэмжээ тус бүр 1.06 5.7 1.82 0.72. Энэ нь 1.19 мЗв/жил байсан ба жилд авах дундаж тунгаас хэтрэхгүй хэмжээнд байв.

Хэмжилтээр Clinac iX шугаман хурдасгуур аппаратын бункерээс гарсан кабелийн оролтны гадна хэмжилтийн утга 50 мЗв/ц байсан тул нүхийг 10 см тугалган хаалгаар бөглөсөн. Үүний дараа хэмжилтийн утга  $\leq 1$  мЗв/ц болсон.



Зураг 3. Кабелийн оролт нэмэлт хамгаалалт хийхийн өмнөх (дээд) болон дараах (доод).

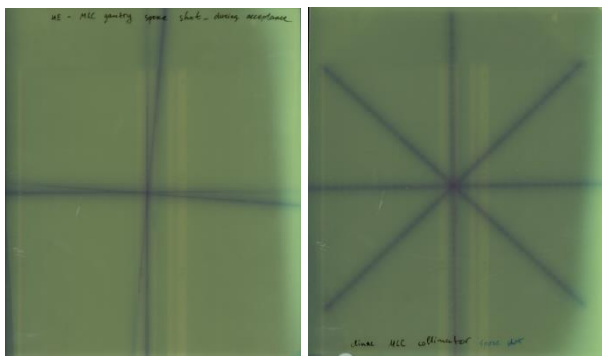
Цацрагийн аюулгүй байдлыг шалгах үүднээс ярианы болон хяналтын камер, түлхүүр,

хаалганы цоож, цацрагийн гэрлэн дохиоллын систем, цацрагийн тэмдэг тэмдэглэгээг шалгаж, ажиллагааг баталгаажуулсан. Хяналтын камерын байрлалын харах орчин хязгаарлагдмал байсан учир өөрчилж сайжруулсан.

## 2. Механик тест

Эргэлтийн хэмжигдэхүүний алдаа  $0.2^\circ$  буюу зөвшөөрөгдөх хязгаараас бага байсан. Механик хэмжигдэхүүн, орны хөдөлгөөний алдаа 1 мм-ээс бага байв. Лазер, оптик зай хэмжигч (ODI), гэрлэн талбайн утга 0.5 мм-ийн алдааны мужид байв.

"Spoke shot" тестийн үр дүнг зураг 4-т үзүүлэв. Алдаа 1 мм-ээс бага байсан. Харин зураг 5-д үзүүлсэн цацрагийн талбайн гэрлэн талбайн хэмжилтийн үр дүн 1 мм-с бага байв.



Зураг 4. Толгойн ба коллиматор "Spoke shot" тест.



Зураг 5. Цацрагийн талбайн.

## 3. Фотон цацрагийн шинж чанарыг тодорхойлох

### а. Абсолют тун

Абсолют тунгийн тооцоолсон алдаа 6МВ энергийн хувьд 6.31%, 10 МВ энергийн хувьд 1.25% байсан тул цацрагийн гаралтын тохируулга хийгдсэн. Абсолют тунгийн

хэмжилтийн үр дүнг тооцоолсныг тохируулга хийхийн өмнөх болон дараах байдлаар харьцуулан хүснэгт 1-д үзүүлэв.

Хүснэгт 1. Абсолют тунгийн утга

Фотоны энерги (МВ)	Тохируулга	Байх ёстой утга (Гр/МЮ)	Хэмжилтийн утга (Гр/МЮ)	Алдаа $\pm 1\%$
6	Өмнө	1	1.0631	6,31
	Дараа		1.007	0,7
10	Өмнө		1.0125	1,25
	Дараа		1.002	0.2

### б. Гүнд шингэсэн тун (PDD), профайль

6 болон 10 МВ энергитэй фотоны гүнд шингэсэн тунг харьцуулсаныг график.1-д үзүүлэв.

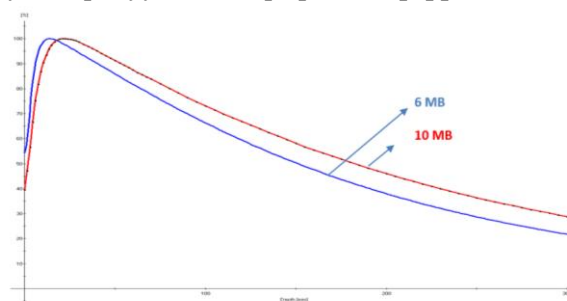


График 1. 6 болон 10МВ фотон цацрагийн гүнд шингэсэн тунгийн харьцаа,  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  талбайд.

Графикаас R100 (mm) буюу 100%-ийн тун өгөх гүн, D100 (%) D200 (%) буюу 100мм, 200мм гүнд шингэх тун утгуудыг тооцоолсон. Энэ утгуудаараа цацрагийн чанарын факторыг ( $Q_i$ ) гаргаж Британы Радиологийн сэтгүүлийн 25-р нэмэлтэд хэвлэгдсэн утгад (BJR supplement 25) харьцуулсныг доорх хүснэгтэд үзүүлэв.

Хүснэгт 2. Гүнд шингэсэн тунгийн анализ.

Фотоны энерги(МВ)	6	10
Талбайн хэмжээ	10x10	10x10
R100 (мм)	13.5	22
D100 (%)	66.3	73.1
D200 (%)	37.9	46.0
$Q_i$	0.66	0.74
$Q_{i10}/Q_{i6}$	1.11	
$Q_i$ (BJR25)	0.68	0.73
Diff.	1.65	-0.83

Хэмжилтийн цацрагийн чанарын факторыг ( $Q_i$ )-ийн алдаа Британы Радиологийн сэтгүүлийн BJR-25 утгаас 6 МВ энергитэй фотоны хувьд 1,6% их байхад 10МВ энергитэй фотоны хувьд 0,8% бага байна.

6 МВ энергитэй фотоны  $D_{max}$  13.51 мм,  $D_{100}$  66.25%,  $D_{200}$  нь 37.96 % бол 10МВ энергитэй фотоны  $D_{max}$  22мм,  $D_{100}$  73.09%,  $D_{200}$  нь 45.99% байгаа нь өндөр энергитэй фотон илүү гүнд тархдагийг харуулж байна.

График.2-д 6 болон 10 МВ энергитэй фотоны гүнд шингэсэн тунг 3, 10, 40 см<sup>2</sup> талбайд харьцуулсаныг үзүүлэв.

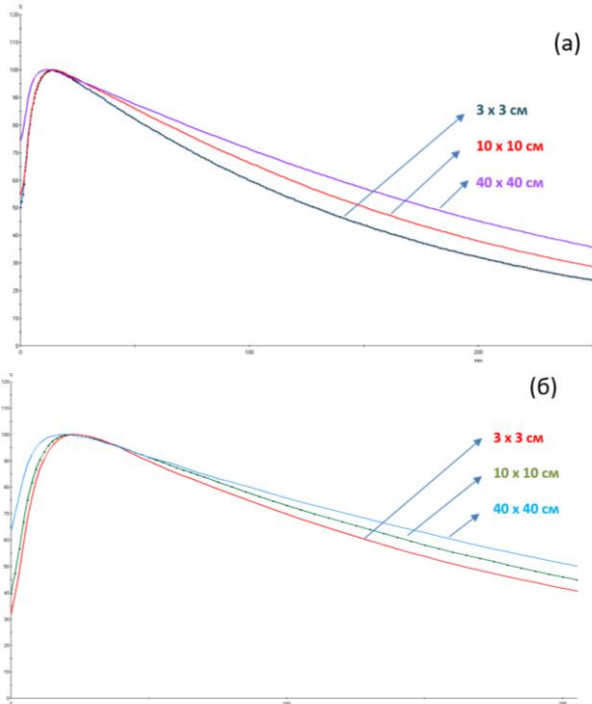


График 2. (а) 6 МВ ба (б) 10 МВ энергитэй фотон цацрагийн ГШТ-ийн харьцаа 3, 10, 40 см<sup>2</sup> талбайд.

Графикаас R100 (мм) буюу 100%-ийн тун өгөх гүнд,  $D_{100}$  (%)  $D_{200}$  (%) буюу 100мм, 200мм гүнд шингэх тун утгуудыг тооцоолж, цацрагийн чанарын фактор ( $Q_i$ )-ийг гаргасан.

**Хүснэгт.3. Гүнд шингэсэн тунгийн анализ.**

Фотоны энерги	6 МВ				10 МВ			
	R100 (мм)	D100 (%)	D200 (%)	$Q_i$	R100 (мм)	D100 (%)	D200 (%)	$Q_i$
Талбайн хэмжээ								
3x3	13.5	60.0	32.2	0.620	22.8	69.8	41.7	0.696
4x4	14.5	61.6	33.3	0.625	22.9	70.2	42.4	0.705
6x6	15.0	63.6	35.1	0.640	23.8	71.7	43.9	0.716
8x8	14.5	65.2	36.7	0.653	23.8	71.6	43.6	0.712
10x10	13.5	66.3	38.0	0.666	22.0	73.1	46.0	0.737
12x12	13.5	67.0	39.0	0.678	21.5	73.5	46.5	0.741
15x15	13.5	68.1	40.4	0.692	22.3	73.9	47.5	0.755
20x20	13.0	69.3	42.1	0.711	20.6	74.8	48.8	0.767
25x25	12.0	70.0	43.3	0.724	19.9	75.2	49.8	0.779
30x30	13.0	71.0	44.6	0.736	18.2	75.3	50.3	0.786
40x40	11.5	71.3	45.3	0.745	19.2	75.9	51.2	0.794

2-р хүснэгтэд 2 энергийн ГШТ-ийн 5см, 8 см, 10см гүнд дэх параметруудийг оруулав. Эндээс харахад  $Q_i$  хэмжигдэхүүн талбайн хэмжээтэй шууд хамааралтай өссөн байна. Мөн 10 МВ –ийг 6 МВ-ийн  $Q_i$  – тай харьцуулахад ижил талбайд ихэссэн байгаа нь харагдаж байна.

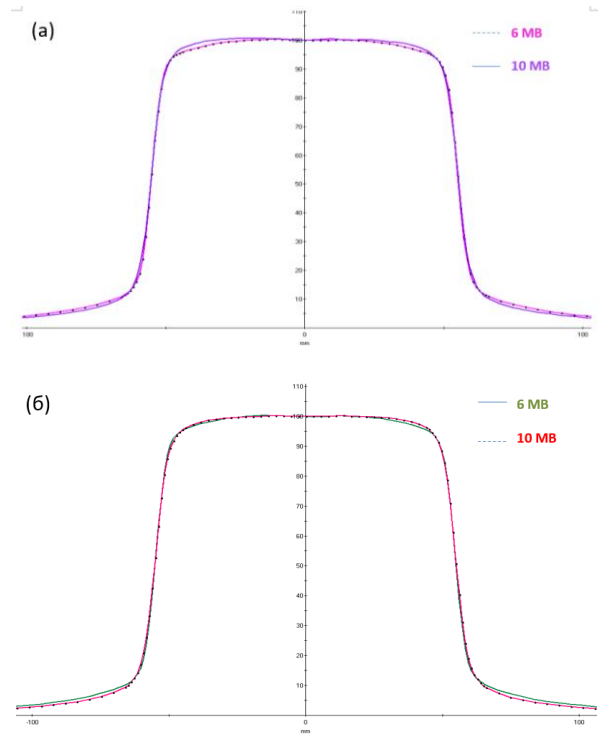


График 3. 6 ба 10МВ энергитэй фотоны 10 см гүнд 10x10 см<sup>2</sup> талбайн (а) хэвтээ болон (б) хөндлөн профайль.

Графикаас тэгшлэг (flatness), тэгш хэм (symmetry), пенумбраг тооцоолсон утгыг хүснэгт 4-д тус тус үзүүлэв.

**Хүснэгт 4. Тэгшлэг, тэгш хэм, пенумбраг тооцоолсон утга.**

Фотоны энерги		6 МВ	10 МВ
Тэгшлэг (%)	Хөндлөн	2.4	2.2
	Хэвтээ	2.4	2.2
Тэгш хэм (%)	Хөндлөн	0.4	0.9
	Хэвтээ	0.3	0.3
Талбайн хэмжээ (см)	Хөндлөн	11.1	11.1
	Хэвтээ	11.0	11.0
Пенумбра /зүүн	Хөндлөн	7.0	7.7
	Хэвтээ	7.3	7.9
Пенумбра /баруун	Хөндлөн	7.1	7.8
	Хэвтээ	7.3	7.8

Варианы протоколоор тооцоолсон бөгөөд тэгшлэг, тэгш хэм, пенумбраг харахад бүгд зөвшөөрөгдөх мужид байна.

6 болон 10МВ энергитэй фотоны 10 см гүнд хамгийн бага буюу 3x3, дунд 10x10, хамгийн том

40x40 см талбайн диагональ хэвтээ профайлийг 4, 5-р графикт харуулав.

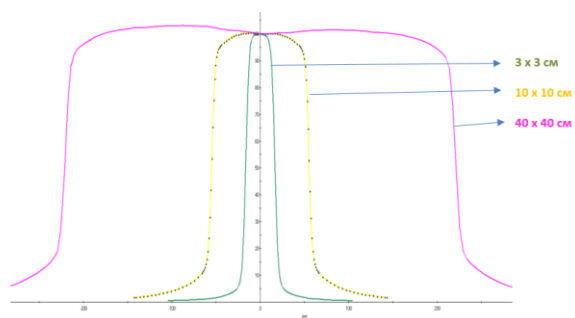


График 4. 6 МВ энергитэй фотоны 10 см гүнд 3, 10, см² талбайн хэвтээ, 40 см² талбайн диагональ хэвтээ профайль.

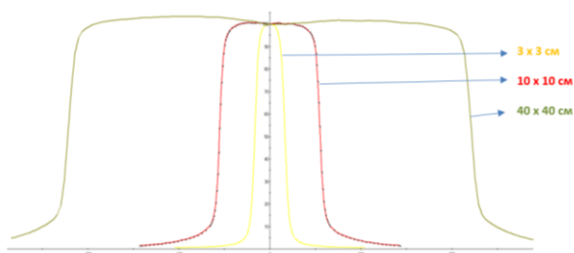


График 5. 10МВ энергитэй фотоны 10 см гүнд 3, 10, см² талбайн хэвтээ, 40 см² талбайн диагональ хэвтээ профайль.

Графикуудаас талбай тус бүрд профайлийн төв тэнхлэг, тэгшлэг, тэгш хэм, пенумбраг тооцоолсон утгыг хүснэгт 5-д тус тус үзүүлэв.

Хүснэгт 5. (а) 6 МВ ба (б) 10 МВ энергитэй фотоны 10 см гүнд 3-40 см² талбайн хэвтээ профайль.

Analyze Results  
Protocol: Varian

Field Size Inpla. x Cross. [cm x cm]	Meas. Angle	Field Size [cm]	Pen. Left [mm]	Pen. Right [mm]	Flatness ± [%]	Symmetry [%]	Field Size at SID [cm]
3.0 x 3.0	0.00	3.343	5.58	5.59	7.39	0.40	3.039
4.0 x 4.0	0.00	4.457	5.77	5.80	4.68	0.47	4.052
6.0 x 6.0	0.00	6.665	6.32	6.37	2.69	0.57	6.059
8.0 x 8.0	0.00	8.869	6.74	6.81	2.49	0.62	8.063
10.0 x 10.0	0.00	11.061	7.02	7.08	2.45	0.42	10.055
12.0 x 12.0	0.00	13.288	7.50	7.62	2.26	0.61	12.080
15.0 x 15.0	0.00	16.535	7.88	7.99	2.27	0.62	15.032
20.0 x 20.0	0.00	22.026	8.20	8.32	2.18	0.95	20.024
25.0 x 25.0	0.00	27.516	8.96	9.08	2.34	1.02	25.015
30.0 x 30.0	Diagonal	33.204	12.33	12.62	2.70	1.77	30.185
40.0 x 40.0	Diagonal	44.270	12.96	13.04	2.45	1.98	40.246

(а)

Analyze Results  
Protocol: Varian

Field Size Inpla. x Cross. [cm x cm]	Meas. Angle	Field Size [cm]	Pen. Left [mm]	Pen. Right [mm]	Flatness ± [%]	Symmetry [%]	Field Size at SID [cm]
3.0 x 3.0	0.00	3.348	6.46	6.52	9.24	0.46	3.043
4.0 x 4.0	0.00	4.470	6.73	6.81	6.56	0.58	4.064
6.0 x 6.0	0.00	6.667	7.14	7.20	3.83	0.42	6.061
8.0 x 8.0	0.00	8.875	7.74	7.84	2.71	0.88	8.068
10.0 x 10.0	0.00	11.084	7.68	7.79	2.22	0.88	10.076
12.0 x 12.0	0.00	13.284	8.13	8.23	2.08	0.94	12.076
15.0 x 15.0	0.00	16.554	8.42	8.56	1.77	0.78	15.049
20.0 x 20.0	0.00	22.041	8.82	8.92	1.85	0.83	20.037
25.0 x 25.0	0.00	27.561	9.16	9.26	1.69	0.93	25.055
30.0 x 30.0	Diagonal	33.265	13.41	13.59	2.35	2.04	30.241
40.0 x 40.0	Diagonal	44.360	13.63	13.74	1.97	2.00	40.327

(б)

в. Гаралтын фактор (OF)

6 болон 10МВ энергитэй фотоны ГФ-ыг 3×3 см² аас 40×40 см² хүртэлх талбайд хэмжиж 10×10

см² талбай дах хэмжилтийн утгад нормчилсоныг хүснэгт 6-д үзүүлэв.

Хүснэгт 6. (а) 6 МВ ба (б) 10 МВ энергитэй фотоны цацрагийн гаралтын фактор.

(а)

		X														
		3	4	6	8	10	12	15	20	25	30	40				
Y	3	<b>0.883</b>	0.897	0.908	0.915	0.919	0.921	0.924	0.928	0.928	0.929	0.932				
	4	0.897	<b>0.912</b>	0.928	0.935	0.941	0.944	0.946	0.949	0.952	0.952	0.927				
	6	0.913	0.93	<b>0.949</b>	0.961	0.968	0.972	0.976	0.979	0.983	0.983	0.986				
	8	0.921	0.941	0.965	<b>0.979</b>	0.986	0.992	0.997	1.001	1.005	1.006	1.009				
	10	0.927	0.949	0.975	0.99	<b>1</b>	1.006	1.011	1.015	1.021	1.022	1.025				
	12	0.933	0.955	0.982	0.999	1.01	<b>1.017</b>	1.023	1.029	1.034	1.037	1.04				
	15	0.939	0.96	0.99	1.008	1.021	1.027	<b>1.037</b>	1.045	1.048	1.054	1.06				
	20	0.945	0.967	0.997	1.018	1.03	1.04	1.05	<b>1.057</b>	1.063	1.07	1.076				
	25	0.946	0.971	1.003	1.023	1.037	1.046	1.055	1.065	<b>1.073</b>	1.079	1.085				
	30	0.948	0.976	1.008	0.991	1.043	1.053	1.065	1.077	1.083	<b>1.09</b>	1.098				
	40	0.956	0.981	1.017	1.038	1.052	1.064	1.077	1.09	1.097	1.105	<b>1.103</b>				

(б)

		X														
		3	4	6	8	10	12	15	20	25	30	40				
Y	3	<b>0.875</b>	0.886	0.899	0.907	0.916	0.915	0.922	0.925	0.925	0.927	0.929				
	4	0.886	<b>0.901</b>	0.918	0.928	0.934	0.937	0.941	0.944	0.95	0.948	0.95				
	6	0.903	0.921	<b>0.943</b>	0.957	0.965	0.97	0.975	0.98	0.986	0.985	0.987				
	8	0.912	0.933	0.96	<b>0.976</b>	0.986	0.992	0.999	1	1.011	1.011	1.014				
	10	0.92	0.942	0.971	0.989	<b>1</b>	0.981	1.015	1.022	1.029	1.031	1.034				
	12	0.925	0.948	0.979	0.998	1.011	<b>1.02</b>	1.028	1.036	1.044	1.046	1.05				
	15	0.933	0.954	0.987	1.008	1.026	1.032	<b>1.041</b>	1.055	1.06	1.066	1.072				
	20	0.938	0.961	0.996	1.019	1.038	1.045	1.059	<b>1.068</b>	1.078	1.085	1.092				
	25	0.942	0.968	1.003	1.027	1.043	1.055	1.067	1.08	<b>1.089</b>	1.096	1.104				
	30	0.945	0.968	1.006	1.031	1.05	1.06	1.076	1.09	1.099	<b>1.105</b>	1.117				
	40	0.95	0.975	1.013	1.039	1.059	1.07	1.087	1.103	1.113	1.123	<b>1.129</b>				

Үүнийг графикаар үзүүлбэл ГФ нь 10x10см² талбайд 1, үүнээс бага талбайд 1-ээс бага, их талбайд 1-ээс их байх нь харагдаж байна.

(а)

(б)

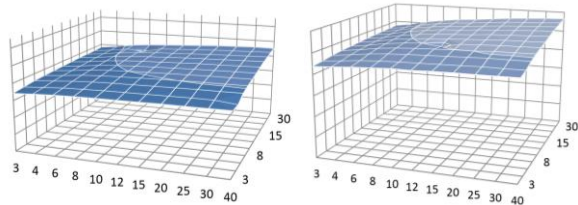


График 6. (а) 6 МВ ба (б) 10 МВ энергитэй фотоны гаралтын фактор.

г. Олон ялтас коллиматорын нэвтрэлтийн фактор (MLC transmission) болон ялтас завсрын дозиметр (DLG)

Олон ялтас коллиматорын нэвтрэлтийн фактор 6 МВ энергитэй фотоны хувьд 0.015, 10 МВ энергитэй фотоны хувьд 0.132 гарсан ба тооцооллийг хүснэгт 7-д үзүүлэв.

Хүснэгт 7. ОЯК-ийн нэвтрэлтийн фактор.

Хэмжилтийн утга	6 МВ (пКл)	10 МВ (пКл)
А банкны нэвтрүүлэлт	27.2	35,9
Б банкны нэвтрүүлэлт	28.4	36
Дундаж нэвтрүүлэлт	27.8	35,95
Нээлттэй талбай	1877	2087
ОЯК нэвтрүүлэлтийн фактор	0.015	0.017

DLG факторын утга нь 6МВ фотоны хувьд 1.31, 10 МВ фотон хувьд 1.56 гарсан байна. ОЯК-ийн нээлтийн хэмжээ ихсэхэд DLG мөн адил харьцангуйгаар ихэссэн нь графикт харагдаж байна.

Хүснэгт 8. Ялтас завсрын дозиметр.

ОЯК-ийн нээлт	ОЯК байрлал (мм)	6МВ (пКл)			10МВ (пКл)		
		Хэжилтийн утга	$R_{gT}$	$R'_g$	Хэжилтийн утга	$R_{gT}$	$R'_g$
	2	80.0	24.5	55.4	96,3	35,3	60,9
	4	110.7	24.1	86.5	130,4	34,7	95,6
	6	141.5	23.7	117.7	164,8	34,1	130,6
	10	202.9	22.9	179.9	232,6	32,9	199,6
	14	264.6	22.0	242.5	302,1	31,7	270,3
	16	295.7	21.6	274.0	335,5	31,1	304,3
	20	353.9	20.8	333.0	403,5	29,9	373,5
DLG			1,31			1,56	

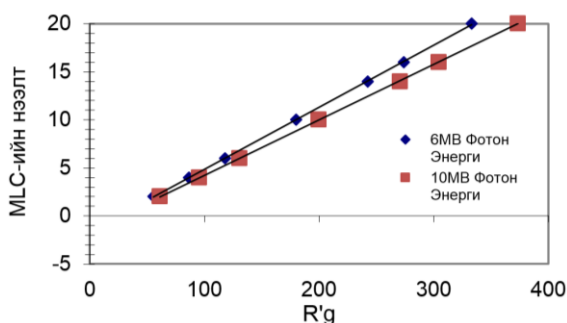
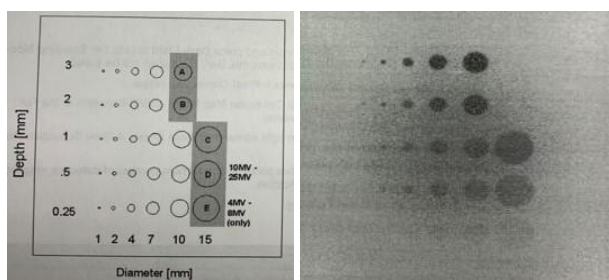


График 7. Ялтас завсрын дозиметр.

**4. Дүрс зургийн чанарын хяналтын тест**

Зургын чанарын хяналтын хэмжилт, үр дүнг үнэлэх аргачлалыг 6-р зураг, 9-р хүснэгтэд үзүүлэв.



Зураг 6. "Phantom hole" хэмжилтийн зураг, түүний үр дүн.

Лас вегас пантом ашиглан авсан зураг дээр хийгдсэн анализыг доорх хүснэгтэд үзүүлэв.

Хүснэгт 9. Зургийн чанарыг үнэлэх аргачлал.

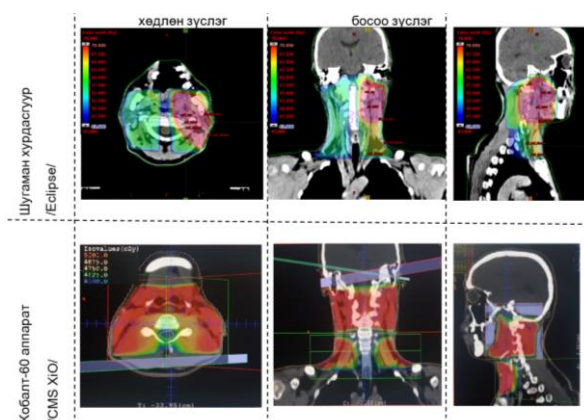
Энерги	Тодорхойлолт	√=Ok
Бага энерги /4-8 МВ/	Phantom hole A,B,C,D & E харагдахуйц	√
Өндөр энерги /10- 25МВ/	Phantom hole A,B,C & D харагдахуйц	√
Авсан зураг зургийн хавтаст хадгалагдсан эсэх		√

Эндээс харахад зургийн нягт болон тодрол зөвшөөрөгдөх хэмжээнд байв.

**АЧ ХОЛБОГДОЛ**

**1. Туяа эмчилгээний төлөвлөлт**

Энэхүү КОММИШИОНИГ-ийн үр дүнд физик төлөвлөлтийг хийх боломжтой болсоноор туяа эмчилгээг шугаман хурдасгуур аппаратаар хийх нөхцөл бүрдсэн. Олон ялтаст коллиматор, илүү гүнд нэвтрэх өндөр энерги, хөдөлгөөнт клин, дэвшилтэт тооцооллын алгоритм ашигласанаар цацрагт өртөж болзошгүй эрүүл эд эрхтэний хамгаалалт сайжирч, хорт хавдрын байд илүү их тун өгч чаддаг болсон.



Зураг 7. Туяа эмчилгээний физик төлөвлөлт.

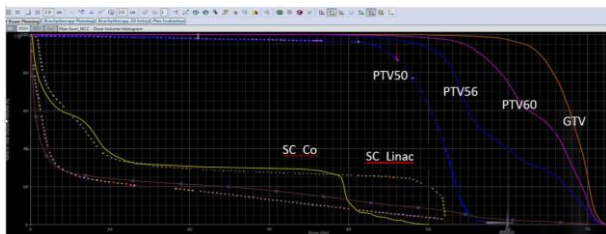
Толгой хүзүүний байрлалын хавдартай 54 настай эрэгтэй өвчтөнд хавдрын голомтонд 66Гр/33фракц тун өгч байгаа туяа эмчилгээний төлөвлөлтийг өмнөх Кобальт-60 болон шинээр нэвтрүүлсэн шугаман хурдасгуур аппаратаар хийгдэж байгаа эмчилгээний технологиор тооцоолсоныг харьцуулсан жишээг үзүүлэв.

Үүнээс шугаман хурдагуур дээр хийсэн тооцооллыг Кобальт-60 дээрх тооцоололтой харьцуулахад тунгийн тархалт илүү конформал, эмчилгээний талбайд нэг жигд биш, цацрагийг хэлбэржүүлэлт сайн, ойролцоох эрүүл эд эрхтэнийг тунгийн хязгаараас хэтрүүлэхгүйгээр хавдрын байд өгч байгаа тун өндөр байгаа нь харагдаж байна. Кобальт-60 дээрх тооцооллоор эрүүл эрхтэн болох нугасны тунгий зөвшөөрөгдөх хязгаараас шалтгаалан 50Гр тун өгөх боломжтой байгаа бол шугаман хурдасгуураар байд өгөх тунг 66 Гр хүртэл нэмэгдүүлж байгаа нь энэхүү өвчтөний хавдрын эдгэрэлт өндөр, эрүүл эрхтэнд үзүүлэх



цацрагийн нөлөөлөл бага байх тул амьдралын чанар сайн байх нь харагдаж байна.

Дэлгэрэхгүйгээр цацрагт өртөж болзошгүй эрүүл эрхтэний болон хавдрын байд өгч байгаа тунгийн хэмжээг харьцуулсныг доорх графикаар үзүүлэв.



Тун эзэлхүүний харьцаа	Эрхтэн	Тун	
		Шугаман хурдасгуур	Кобальт-60
	PTV50	96%	90%
	PTV56	96%	-
	PTV66	95%	-
	Spinal cord	50 гр	52.3 гр
	Global max	109%	116.4%

График 8. Тун болон эзэлхүүний харьцаа.

Хавдрын бай болон цацрагт өртөж болзошгүй эрүүл эд эрхтэний авч байгаа тунг эзэлхүүнээр тооцсон утгыг хүснэгт 10, 11-д үзүүлэв.

Хүснэгт 10. Эрүүл эрхтэний авах тун.

Эрүүл эрхтэн	Төлөвлөсөн тун /Гр/	Зөвшөөрөгдөх тун /Гр/
Баруун линз	Dmax / Гр=2.2	Dmax=10
Зүүн линз	Dmax / Гр =2.5	Dmax=10
Баруун нүдний мэдрэл	Dmean/ Гр =2.5	Dmean=50
Зүүн нүдний мэдрэл	Dmean/ Гр =2.5	Dmean=50
Нүдний мэдрэлийн зөрлөг	Dmean/ Гр =3.6	Dmean=50
Баруун нүд	Dmean/ Гр 2.4	Dmean=45
Зүүн нүд	Dmean/ Гр =1.8	Dmean=45
Brainstem	Dmean/ Гр =13.9	Dmean=50
Нугас	Dmax / Гр =50	Dmax=50

Хүснэгт 11. Хорт хавдрын байд өгсөн тун.

	V95 очих тун /%/	V90 очих тун /%/	Төлөвлөсөн тун /Гр/
PTV50	96	102	50
PTV56	96	101	56
PTV66	95	96.6	66

## 2. Цацрагийн чанарын хяналт

Энэхүү КОММИШИОНИГ-ийн үр дүнд Clinac iX шугаман хурдасгуур аппаратын ашиглалтын хугацаанд цацрагийн чанарын баталгааг хангах, чанарын хяналт хийх нөхцөл бүрдсэн. Жишээ болгон Clinac iX аппаратын өндөр хүчдэлд гарсан гэмтлийг засварласаны цацрагийн профайл анхны тохируулсан утгаас хэрхэн өөрчлөгдсөнийг доорх графикаар харуулав. Графикаас харахад цацрагийн тэгшлэг чанар 17,9%, тэгш хэм 33,9 % болж өөрчлөгдсөн байсан. Иймээс үүнийг анхны утгад хүргэн дахин тохируулга хийсэн. Тохируулга хийгээгүй тохиолдолд эмчилгээний тооцоолол буруу хийгдэж цацрагийн осол үүсэх аюултай байлаа.

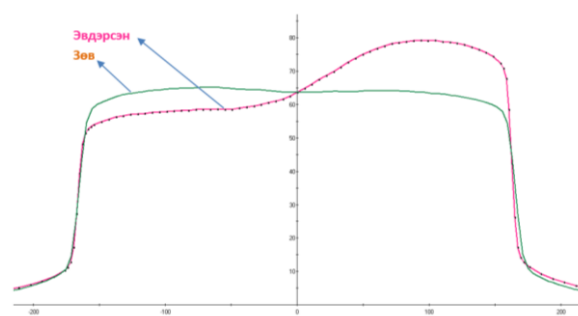


График 8. 6 МВ энергитэй фотоны 10 см гүнд 30 см² талбайн хэвтээ профайлыг засварын дараахтай харьцуулсан нь.

## 3. Абсолют тунгийн хяналт

Clinac iX шугаман хурдасгуурын энерги тус бүр дээрх сар бүр абсолют тунг хэмжин шаардлагатай тохиолдолд дахин тохируулга хийдэг. Хэмжилтийн үр дүн хүснэгт 12-д үзүүлэв.

Хүснэгт 12. Абсолют тунгийн хэмжилт.

Фотоны энерги	6 МВ		10 МВ	
	Өмнөх	Дараах	Өмнөх	Дараах
4-р сар	6.31%	0.7%	1.25%	0.2%
5-р сар	0.3%	0.3%	0.1%	0.1%
7-р сар	0.8%	0.8%	0.6%	0.6%
9-р сар	2.30%	0.8%	2.90%	0.1%

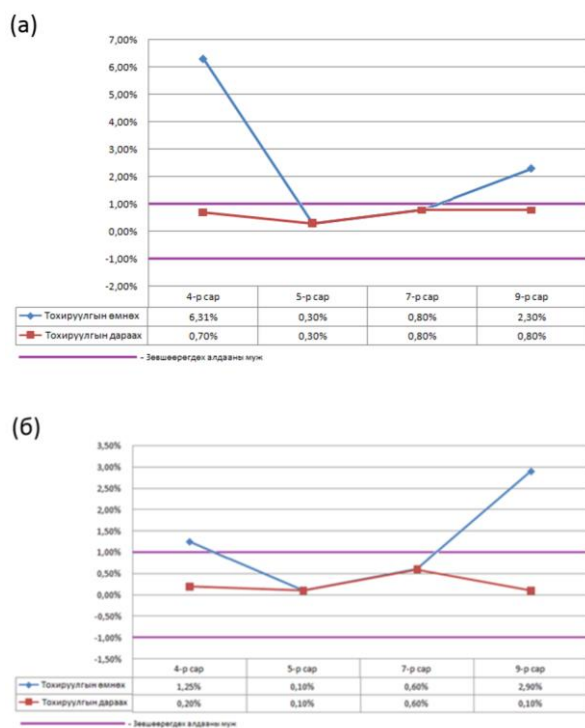


График 9. (а) 6 МВ ба (б) 10 МВ энергитэй фотоны абсолют тунгийн хэмжилт.

Туяа эмчилгээний физик төлөвлөлтөнд абсолют тунгийн утга 1 Гр/МЮ ± 1% байх ёстой. Шугаман хурдасгуурын цацрагийг үүсгэх механизмаас шалтгаалан тунгийн гаралт өөрчлөгдөж байдаг. Иймээс абсолют тунг тогтмол шалгаж, тохируулга хийснээр туяа эмчилгээг аюулгүй, үр дүнтэй хийж байна.

### ДҮГНЭЛТ

Бид CLINAC iX шугаман хурдасгуурын КОМИШИОНИНГ-ийг хийснээр гүнд шингэсэн тун, профайль, цацрагийн гаралт болон бусад дозиметрийн параметруудийг оновчтой хэмжиж, үр дүнг боловсруулж, Eclipse 15.6 физик төлөвлөлтийн системийн AAA алгоритмыг модельчилж, баталгаажуулсанаар 6 болон 10МВ энергитэй фотон цацрагийн 3 хэмжээст туяа эмчилгээг конформал туяа эмчилгээг аюулгүй, чанарын баталгаатайгаар хийгдэж эхэлсэн.

CLINAC iX шугаман хурдасгуурын цаашдын цацрагийн чанарын хяналтын этолон утгыг гарган авлаа.

Мөн энэхүү судалгааны ажил нь шугаман хурдасуур аппаратын комишионинг, хүлээн авах техникийн зааварчилгааг бэлтгэн, эмнэлгийн

физикч нарыг чадавхижуулах чухал ач холбогдолдтой байсан.

Цаашид эрчимийг тохируулсан туяа эмчилгээ (Intensity Modulated Radiation Therapy), дүрслэлд суурилсан туяа эмчилгээ (Image Guided Radiation Therapy), эзэлхүүнд тохируулсан туяа эмчилгээ (Volumetric Modulated Arc Therapy), Стереотактик туяа эмчилгээ зэрэг дэвшилтэт технологид тохирсон КОМИШИОНИНГ-ийг үе шаттайгээр хийхээр төлөвлөж байна.

### ХЭЛЦЭМЖ

- Туяа эмчилгээний Шугаман хурдасгуур аппаратын цацрагийн аюулгүй ажиллагааг хангахдаа чанарын хяналтыг шугаман хурдасгуураар эмчилгээ хийж байгаа тухайн технологид тохирсон тусгай, баталгаажсан дозиметрийн багажаар хийх шаардлагатай.
- Шугаман хурдасгуур аппаратын КОМИШИОНИНГ-ийг хийхэд эмнэлгийн физикчийг чадавхижуулах шаардлагатай.
- Шугаман хурдасгуурын КОМИШИОНИНГ-ийг зөвхөн 1 фотоны энергийн хувьд хийхэд 4-8 долоо хоног зарцуулагддаг цаг хугацаа шаардсан ажил юм.
- Шугаман хурдасгуурын КОМИШИОНИНГ хийх явцад аппаратын найдвартай тогтвортой ажиллагааг хангах нь чухал.
- Шугаман хурдасгуурын цацрагийн чанарын хяналтыг өдөрт, долоо хоног бүр, сар бүр, жилд гэх зэргээр тогтмол хийх нь гарч болзошгүй олон өвчтөнийг цацрагийн ослоос сэргийлж байна.

### ТАЛАРХАЛ

Эмнэлгийн физикчийн хувьд өндөр хариуцлага, мэргэжлийн ур чадвар, мэдлэг, дадлага туршлага, цаг хугацаа шаардсан туяа эмчилгээний аппаратын КОМИШИОНИНГ-ийг хийхэд хамтран оролцсон Хавдар судлалын үндэсний төвийн Туяа эмчилгээний тасгийн эмнэлгийн физикч, дозиметристүүд, зөвлөх багш илгээж, КОМИШИОНИНГ-ийн үйл ажиллагаанд хяналт тавьж баталгаажуулсан байгууллагууд болох Олон улсын атомын энергийн агентлаг (ОУАЭА), Австралийн эмнэлгийн инженер, физикийн шинжлэх ухааны коллеж (ACPSEM), БНСУ-ийн “Солонгосын радиологи ба анагаах ухааны институт”

(KIRAMS), Австрали, Шинэ Зеландийн радиологийн коллеж (RANZCR), Япон улсын Хирошимагийн их сургуулийн эмнэлэг (HNU), Австрали улсын Засгийн газрын Австралийн сайн дурынхны олон улсын хөгжлийн хөтөлбөр (AVI), мөн бидэнд зааж зөвлөж, удирдаж ажилласан Австралийн “Иллавара хавдрын эмнэлэг”-ийн эмнэлгийн физикч Авдурахман Цейлан, БНСУ-ын “Солонгосын радиологи ба анагаах ухааны институт”-ын ахлах эмнэлгийн физикч, зөвлөх судлаач Санг Хён Чой, БНЭУ-ийн “Тата Мемориал эмнэлэг”-ийн эмнэлгийн физикч Риту Раж, Австралийн “Сэйнт Жеорж эмнэлэг”-ийн туяа эмчилгээний техникч Тобу Лове, Япон улсын “Хирошимагийн их сургууль”-ийн эмнэлгийн ахлах эмнэлгийн физикч Накашима Такое, Австралийн “Ноён Чарлез Гайрднер эмнэлэг”-ийн туяа эмчилгээний зөвлөх эмнэлгийн физикч Алисон Скотт нарт, судалгаа хийх нөхцөл бололцоогоор хангаж өгсөн ХСҮТ-ийн төвийн удирдлагууд талархал илэрхийлье.

#### АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

[1] International Atomic Energy Agency, “Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beam Dose and Volume (TRS 277 and 398)”. 1987

- [2] Вариан, Eclipse Beam Configuration Reference Guide 15.53
- [3] Вариан, “Eclipse Photon and Electron Algorithms Reference Guide 15.5”
- [4] Вариан, “Acceptance Testing Protocol”
- [5] NCRP 151, This Report was prepared through a joint effort of NCRP Scientific Committee 46-13 on Design of Facilities for Medical Radiation Therapy and AAPM Task Group 57.
- [6] IAEA Safety Report Series 47
- [7] Б.Далхсүрэн “Цөмийн цацраг бүртгэх аргууд”, 2002.
- [8] AAPM Report NO 46, Comprehensive QA for Radiation Oncology
- [9] Das IJ, Cheng CW, Watts RJ, et al. Accelerator beam data commissioning equipment and procedures: report of the TG-106 of the Therapy Physics Committee of the AAPM. Med Phys. 2008;35:4186–215.
- [10] Klein EE, Hanley J, Bayouth J, et al. Task Group 142 report: quality assurance of medical accelerators. Med Phys. 2009;36(9):4197–212.
- [11] Niroomand-Rad A, Blackwell CR, Coursey BM, et al. Radiochromic film dosimetry: recommendations of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 55. Med Phys. 1998;25(11):2093–115.

Зарим нэр томъёоллын орчуулга, товчлолын тайлбар

Товчлол	Олон улсын нэршил	Орчуулга
Комишониинг	Commissioning	Туяа эмчилгээний аппаратын цацрагийн дозиметрийн параметруудийг хэмжиж цуглуулан үүгээрээ физик төлөвлөлтийн системийн тооцооллийн алгаритмыг модельчлон, гарсан үр дүнг баталгаажуулан физик төлөвлөлт хийх нөхцөлийг бүрдүүлэх Тухайн аппаратын суурилуулалтын дараах хүлээн авах баталгаажуулах, цаашид ашиглалтын хугацаанд хийгдэх цацрагийн чанарын хяналтыг хангах үндсэн эталон.
АРТ	Acceptance test	Хүлээн авах баталгаажуулах тест
LINAC	Linear accelerator	Хорт хавдрын туяа эмчилгээний шугаман хурдасгуур аппарат
Clinac iX		Вариан компаний үйлдвэрлэсэн хорт хавдрын туяа эмчилгээний шугаман хурдасгуур аппарат
ЭПИД/ EPID	Electronic portal imaging device	Шугаман хурдагуур аппаратад нэмэлтээр суурилуулсан МВ энергитэй фотон цацрагаар зураг авах, дүрс зургын хяналтын элетрон төхөөрөмж
Хөдөлгөөнт клин/EDW	Enhanced dynamic wedge	Цацрагийн тархалтыг сайжруулах, шаантаг хэлбэртэйгээр материалд шингээх зориулалттай олон хавтаст коллиматорын системийг хөдөлгөөнжүүлж ашиглах нэмэлт функц
ОЯК/ MLC	Multi leaf collimator	Цацрагийг хэлбэржүүлэх олон ялтаст коллиматорын систем
QA	Quality Assurance	Чанарын баталгаа
QC	Quality Control	Чанарын хяналт
3DCRT	3 Dimensional Conformal Radiotherapy	3 хэмжээст конформал туяа эмчилгээ
IMRT	Intensity Modulated Radiotherapy	Эрчимээр засварласан туяа эмчилгээ
VIMAT	Volumetric Intensity Modulated Radiotherapy	Эзэлхүүнд эрчимээр засварласан туяа эмчилгээ

SRBT	Stereotactic Body Radiation therapy	Стереотактик биений мэс заслын туяа эмчилгээ
PTV	Planning Target Volume	Хавдрын бай
OARs	Organ at Risks	Цацрагт өртөж болзошгүй хавдрын ойр байрласан эрүүл эрхтэн
PDD	Percentage Depth Dose	Төв тэнхлэгийн дагуух гүнд шингэсэн тун
OF	Output factor	Цацрагийн гаралтын фактор буюу референс талбай дах цацрагийн гаралтыг тухайн талбай дах утганд харьцуулсан харьцаа
MLC transmission	Multi leaf collimator transmission	Олон ялтас коллиматорын нэвтрэлтийн фактор
Хавтас завсрын дозиметр/DLG	Dosimetric leaf gap	Олон ялтас коллиматороор нарийн завсар үүсгэхэд үүсэх нэвтрэлтийн фактор
SSD	Source-skin distance	Үүсгүүрээс гадрага хүртлэх зай
Dmax		Усанд хамгийн их тун хэмжигдэж байгаа гүн
ODI	Optic distance indicator	Үүсгүүрээс гадрага хүртлэх зайг тодорхойлох гэрлэн хэмжигдэхүүн
Spoke shot		Цацрагийн болон гэрлэх изоцентрийн давхцалыг шалгах тест
Radiation survey		Орчний цацрагийн хяналтын хэмжилт
TADR	Total absolute dose rate	Орчний цацрагийн хэмжилтын дүнг тунгийн чадал, дүүргэлт болон ажлын фактоороор засварлан тооцосон абсолют тунгийн чадал
DVH	Dose Volume Histogram	Тун эзэлхүүний харьцаа буюу цацрагт өртөж буй эрхтэн, хавдрын байн сонирхож байгаа эзэлхүүнд авч байгаа тунг харьцуулан график