

ӘӨЖ 615.849:351.77(477.65)

ТОМОТЕРАПИЯ ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ШЫҒЫС ДОЗАСЫ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫ

Ержан Жуман

e_juman@mail.ru

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Ядролық физика мамандығының 5 курс студенті
Ғылыми жетекшісі – Гиниятова Ш.Г.

Әлемде қатерлі ісік аурулардың жүзден аса түрі анықталды. Қатерлі ісік дененің кез келген бөлігінде пайда болуы мүмкін. Соның нәтижесінде сәулелік терапия саласы қарқынды дамып жатыр. Сәулелік терапияның ең заманауи түрі томотерапия болып табылады. Елімізде бұл томотерапия емін алу қазіргі кезде барлық науқастар үшін қолжетімді [1].

Томотерапия – веер пішінді формада қабаттарға бөлу арқылы қарқынды модуляциясы бар фотон шоғырлармен сәулелендіруге негізделген инновациялық радиотерапевтік әдіс. Ол өз құрамына сызықты үдеткіш пен спираль бойымен айнала қозғалатын компьютерлік томографияның функционалдық мүмкіндіктерін қоса отырып, бір уақытта қарқынды модуляцияланған радиотерапияны (IMRT) іске қосу және түзетілген суретті сәулелік терапия (MVCT) көмегімен алу арқылы жүзеге асады [2].

Басқа әдістерден ерекшелігі қатерлі ісікке сәулелік дозаны дәл жеткізе алуы. Томотерапияда доза шоғырлары веер тәріздес формада спираль бойымен айнала қозғала отырып, сонымен қатар науқас жатқан терапевтік үстелдің қозғалыс бағытына келтіре отырып беріледі. Мұндай әдіс модуляцияланған интенсивті сәуле кіші аумақтан шыға отырып, қиын формадағы ісіктерге тағайындалған дозаның біркелкі таралуын және өзге жақын тұрған критикалық органдарға дозаның аз мөлшерін жеткізуді қадағалайды [3].

Томотерапия – фотонды сәулелерді қолдану арқылы жүргізілетін сәулелік терапияның жаңа түрі. Ол былайша әрекет етеді: сәулелену кезінде фотондар қоршаған сау тіндерге тиместен обыр жасушаларын күйдіреді. Фотон сәулесі мыңдаған шағын сәулелерге бөлінеді және сәулелену бірден бірнеше аймаққа әсер ете алады.

Қазақстанда алғаш рет 2018 жылы «UMIT» халықаралық онкологиялық томотерапия орталығы Нұр-Сұлтанда қаласында ашылды. «UMIT» Халықаралық онкологиялық томотерапия орталығы онкологиялық ауруларды диагностикалау мен емдеудің ең заманауи, инновациялық және жоғары тиімді технологияларын қолданатын Орталық Азиядағы алғашқы медициналық орталық болып саналады.



1-сурет - Томотерапия қондырғысының ішкі және сыртқы көрінісі.

[«UMIT» Томотерапия Онкологиялық Орталығы](#) ең үздік еуропалық клиникалардың үлгісі негізінде жасалған. Орталықта Assura (АҚШ) компаниясының өндірісі сәулелік терапия аппараты TomoTherapy HD орнатылған. Қазіргі уақытта томотерапия онкологиялық науқастардың радиологиялық емінің алтын стандарты болып табылады [4-5].

TomoTherapy TomoHD сәулелік терапия жүйесі

- 2 жұмыс энергиясы:
- терапевтік 6 MV және MVCT үшін 3,5 MV;
- Сәулелену өрісі: 1, 2,5 және 5,0 см;
- Спиральды/статикалық сәулелену;
- IGRT (ксенон-иондық камера) және IMRT оңай іске асады;
- Диаметрі 40 см-ге дейін және ұзындығы 135 см-ге дейінгі көлемдерді емдеу мүмкіндігі;
- Портал ені - 850 мм (радиусы 425 мм);
- Айналу уақыты: 360° 60 с (минимум); 10 секундта 360° (максимум);
- Дозаны спиральді жеткізу (бір айналымға 51 проекция);
- Сәулелерді шоқтарға бөлу (проекциядан 64 сәуле);
- IMRT жоспарларын жүзеге асырудың қарапайымдылығы;
- 1 изоцентр;
- Позициялау үшін қозғалатын лазерлердің болуы.

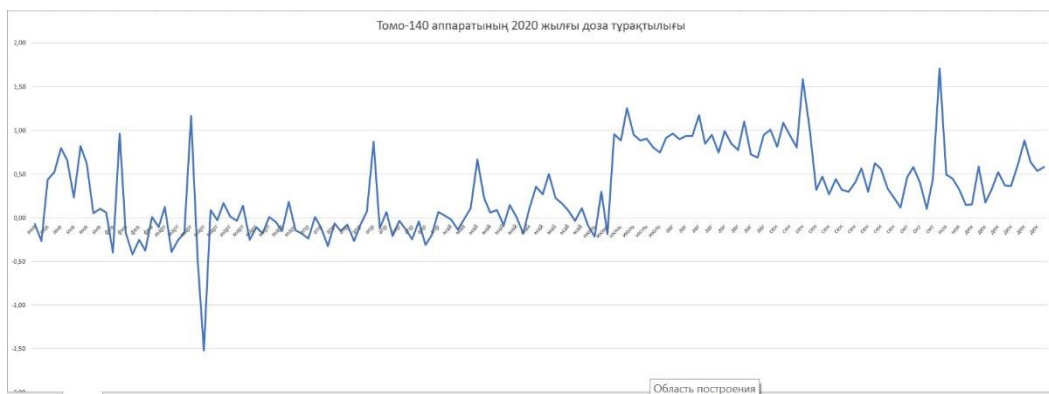
Томотерапиялық емдеу процедуралар барысында медициналық физиктердің мақсаты – науқастар сәулелік терапиядан өткен кездегі қауіпсіздіктің жоғары деңгейін қамтамасыз ету. Ол үшін процедура бастар алдын әр күн сайын қондырғыларды медициналық физиктер көмегімен тексеруден өткізіп отырады және барлық параметрлердің өз орнында әрі толық жұмыс жасап тұрғанына көз жеткізу негізгі міндет болап саналады (2-сурет).



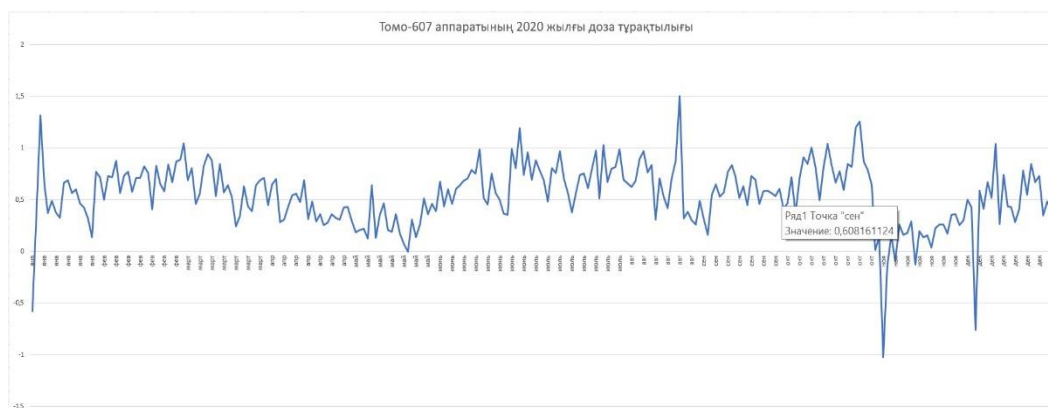
2-сурет - Медициналық физиктердің доза тұрақтылығын есептеу шаралары

Процедура алды қондырғыны тексеру алгоритмі:

- аппаратты іске қосу;
- магниттік ленталарын ауыстыру;
- бейнебақылау жүйесін тексеру;
- есіктердің жарық индикаторын тексеру;
- есіктің құлыпталуын тексеру;
- салқындатқышты тексеру;
- машинаның қыздырылуын қадағалау;
- мегавольттық КТ калибровкасын тексеру;
- томотерапияға сапалық бақылау жүргізу;
- лазерлерді тексеру;
- доза тұрақтылығын анықтау.



3-сурет - 2020 жылғы Томо-140 қондырғысының жылдық шығыс дозасы



4-сурет - 2020 жылғы Томо-607 қондырғысының жылдық шығыс дозасы

«UMIT» халықаралық онкологиялық томотерапиялық орталығында орналасқан Томо – 140 және Томо – 604 екі қондырғының 2020 жылғы күн сайын лаборант пен медициналық физиктердің бақылау нәтижесінде жылдық доза тұрақтылық анықталды (3-4 суреттер). Медициналық физиктердің шығарған қорытындысы бойынша халықаралық стандарт нормаларына сай, яғни $\pm 3\%$ - дан асатын өрескел ауытқулар туындаған жоқ. Графикте көрсетіліп тұрғандай кей тұста басқа мәндерге қарағанда салыстырмалы түрде ауытқулар кездеседі (қазақстанның дозалық нормасы бойынша $\pm 1\%$). Бұндай жағдайда процедура шараларын толық тоқтатып, медициналық инженер жоғарыда айтылған барлық параметрлерді қайта тексеріп, техникалық ақауларды ретке келтіреді. Себебі артық доза науқас денсаулығы үшін кері әсер етуі мүмкін.

Доза тұрақтылығын есептеу мақсаты үшін «гентри айналу кезіндегі шоғырдың шығу» процедурасы орынадалады. Ол үшін алдымен арнайы бағдарламадан қажетті сканерлеу режимін таңдап (fine, normal, coarse), сканерлеу облысын белгілеп, сканерлеуге дайындалады. Томотерапия қондырғысы тұрған процедура жүргізетін бөлмеге кіріп, «Cheese» фантомының теарпиялық үстел үстінде және оңтайлы жағдайда тұрғанына толық көз жеткізу керек. Бұл кезде лазер бойлық, ендік, биіктік бойынша фантом центрінен өтетіндей етіп орналастырамыз (2-сурет). Ине фантом центрінен 1 см биіктікте қойылады, сосын оны термометрге жалғайды. Термометрді қосып, 10 секундтай өздігінен өшкенше күтіп, барлық өлшенген температура мәндері жазып алынады. Фантом жанына барометрді орналастырып қысым өлшемдерін жазып аламыз. Заряд жинау үшін термоэлектрометрді іске қосып, оның шамамен 5 минуттай қыздырылуын күтеміз де ионизациялық камераға 300 В бере отырып қосамыз. Нөлдік параметрге келтіріп таймер қосып, жұмысты бастаймыз. Камераның қозғалысын болдырмас үшін изолентамен жабыстырамыз. Себебі қозғалыс науқас обырын сәулелендіру кезінде қауіп тудыруы мүмкін. Тексеру процесі басталған кезде кушетка гентриге еніп, әр координатадағы берілген дозаны қадағалаймыз. Алынған мәндерді күнделікті тексеріс хаттамасына тіркейміз.

Томотерапияның стандартты процедуралары келесі кезеңдерді қамтиды:

- КТ-симуляция;
- Дозиметриялық жоспарлау;
- Науқасты сәулелену жоспарына верификация жасау;
- Томотерапияның сәулесін жеткізу.

Томотерапия сәулесінің обырды жою деңгейлері:

- Толық регрессия – 100% обырдың жойылуы;
- Бөліктік регрессия – 50% жоғары обырдың жойылуы;
- Прогрестің тұрақтылығы – 50% төмен обырдың жойылуы;
- Прогрессивтеу – 25% обырдың жойылуы.

Сәуле көзінің дәл түсуі кушетка, коллиматор дұрыс орналасуына тікелей байланысты. Сондықтан да күн, апта, ай, кварталдық (3 ай), жылдық сайынғы хаттамалар тағайындалды. Оларға жалпы тексеру, процедура, гентридің айналу кезіндегі шоғырдың шығу мөлшері,

MVCT-дан алынған нәтижелерді тексеру жатады.

Күн сайынғы шыққан сигнал импульсі және күнделікті конус формасын эталондық баламаларымен салыстырады. Мониторинг үшін жақтың қозғалуы, кушетка жылдамдығы, тістердің кідіруі және синхронизациясы маңызды. Біртекті фантом мен ионизациялық камераны пайдалана отырып IMRT-дың күнделікті дозасын анықтайды. Күнделікті тексерулерге физиктер 45 минут уақытын фантомды позициялау, электрометрді қыздыру, камераны өлшеу, шыққан сигналға анализ жасау және конус формасын анықтауға жұмсайды. Жалпы айлық сапаны тексеру кезінде тестті жүргізуге 5 сағат жұмсалады: оның 3 сағаты өлшемге және 2 сағаты талдауға жұмсалады. Ал кварталдық алынған тесттің нәтижелері 2 сағат көлем ішінде орындалуы мүмкін, жылдық тексерістер үшін 4 күнді алуы мүмкін.

Қолданылған әдебиеттер

1. <https://egemen.kz/article/306667-tomoterapiya-%E2%80%93-qaterli-isiktinh-qas-dgauy>
2. Jeraj R. et al. Radiation characteristics of helical tomotherapy // Med. Phys. American Association of Physicists in Medicine, 2004. Vol. 31, № 2. P. 396–404.
3. Balog J, Mackie TR, Pearson D, Hui S, Paliwal B, Jeraj R. Benchmarking beam alignment for a clinical helical tomotherapy device // Med Phys. 2003. -№3. -P.1118–27.
4. Lane R. Rosen Establishing an SBRT Program in a clinical oncology practice // Acta Oncology, 2006. — Vol. 44, N 6. — P. 890–896.
5. Langen K.M. et al. QA for helical tomotherapy: Report of the AAPM Task Group 148a) // Med. Phys. American Association of Physicists in Medicine, 2010. Vol. 37, № 9. P. 4817–4853.