



RADIATION TERAPIYANING TAMOIYILLARI

Yahyoyeva G.M. <https://orcid.org/0009-0008-4374-4292>

E-mail: gulchehra_yahyoyeva@bsmi.uz

*Abu ali ibn Sino nomidagi Buxoro davlat tibbiyot instituti O'zbekiston,
Buxoro sh.,*

Abstrakt

So'nggi yillarda saraton rivojlanishi va davolashning tavsiya etilgan belgilarini tushunishda sezilarli yutuqlarga erishildi. Davolash usullari radiatsion terapiya, jarrohlik, kimyoterapiya, immunoterapiya va gormonal terapiyani o'z ichiga oladi. Radiatsiya terapiyasi saraton kasalligini davolashning muhim tarkibiy qismi bo'lib qolmoqda, barcha saraton bemorlarining taxminan 50% kasallik davrida radiatsiya terapiyasini oladi; saraton kasalligini davolashning 40% ga hissa qo'shadi. Radiatsiya terapiyasining asosiy maqsadi saraton hujayralarini ko'payish (hujayra bo'linishi) potentsialidan mahrum qilishdir. Radiatsion terapiya (RT) ko'plab o'smalarni davolovchi davolash usuli bo'lib, o'sma bilan bog'liq alomatlari bo'lgan bemorlarda samarali palliatsiyani ta'minlaydi. Biroq, RT ning biofizik ta'siri o'simta hujayralariga xos emas va atrofdagi organlar va to'qimalarning ta'siri tufayli zaharlanishni keltirib chiqarishi mumkin. Ionlashtiruvchi nurlanish o'simtaning o'limiga olib keladigan DNK shikastlanishini ishlab chiqarish orqali ishlaydi, ammo normal to'qimalarga ta'siri o'tkir va/yoki kech toksiklikka olib kelishi mumkin. Odatda normal to'qimalarga radiatsiya dozasi va hajmi va toksiklik xavfi o'rtasida to'g'ridan-to'g'ri bog'liqlik mavjud, bu ko'pchilik to'qimalar uchun ko'rsatmalar va tavsiya etilgan doza chegaralariga olib keldi. Nojo'ya ta'sirlar ko'p faktorli bo'lib, bemorning asosiy xususiyatlari va boshqa onkologik davolanishlarning hissasi. So'nggi o'n yilliklardagi texnologik yutuqlar o'simta



dozasini maksimal darajada oshiradigan va organ dozasini minimallashtiradigan RT yuborish qobiliyatini keskin yaxshilash orqali RT toksikligini kamaytirdi.

Kalit so'zlar: Saraton, radiatsion terapiya, chiziqli energiya uzatish, hujayra o'limi.

PRINCIPLES OF RADIATION THERAPY

Yahyoyeva G.M. <https://orcid.org/0009-0008-4374-4292>

E-mail: gulchehra_yahyoyeva@bsmi.uz

*Bukhara State Medical Institute named after Abu Ali ibn Sino Uzbekistan,
Bukhara,*

Abstract

Recent years have seen significant advances in understanding the mechanisms of cancer progression and the recommended treatments. Treatment modalities include radiation therapy, surgery, chemotherapy, immunotherapy, and hormonal therapy. Radiation therapy remains an important component of cancer treatment, with approximately 50% of all cancer patients receiving radiation therapy during their disease course; it contributes to 40% of cancer cures. The primary goal of radiation therapy is to deprive cancer cells of their ability to proliferate (cell division). Radiation therapy (RT) is a curative treatment for many tumors and provides effective palliation for patients with tumor-related symptoms. However, the biophysical effects of RT are not specific to tumor cells and can cause toxicity due to effects on surrounding organs and tissues. Ionizing radiation works by producing DNA damage that leads to tumor death, but exposure to normal tissue can result in acute and/or late toxicity. There is usually a direct relationship between the dose and volume of radiation to normal tissue and the risk of toxicity, which has led to guidelines and recommended dose limits for most tissues. Adverse



effects are multifactorial, with contributions from underlying patient characteristics and other oncological treatments. Technological advances in recent decades have reduced the toxicity of RT by dramatically improving the ability to deliver RT in a manner that maximizes tumor dose and minimizes organ dose.

Keywords: Cancer, radiation therapy, linear energy transfer, cell death.

ПРИНЦИПЫ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

Яхёева Г.М. <https://orcid.org/0009-0008-4374-4292>

E-mail: gulchehra_yahyoeyeva@bsmi.uz

*Бухарский государственный медицинский институт имени Абу Али ибн
Сино Узбекистан, Бухара,*

Аннотация

В последние годы наблюдаются значительные успехи в понимании механизмов прогрессирования рака и рекомендуемых методов лечения. Методы лечения включают лучевую терапию, хирургию, химиотерапию, иммунотерапию и гормональную терапию. Лучевая терапия остается важным компонентом лечения рака, примерно 50% всех онкологических больных получают лучевую терапию во время течения заболевания; она способствует 40% излечению рака. Основная цель лучевой терапии — лишить раковые клетки способности к пролиферации (делению клеток). Лучевая терапия (ЛТ) является лечебным методом лечения многих опухолей и обеспечивает эффективное паллиативное лечение для пациентов с симптомами, связанными с опухолью. Однако биофизические эффекты ЛТ не являются специфическими для опухолевых клеток и могут вызывать токсичность из-за воздействия на окружающие органы и ткани. Ионизирующее излучение действует, вызывая повреждение ДНК, что приводит к гибели опухоли, но



воздействие на нормальную ткань может привести к острой и/или поздней токсичности. Обычно существует прямая связь между дозой и объемом облучения нормальной ткани и риском токсичности, что привело к разработке руководств и рекомендуемых пределов дозы для большинства тканей. Побочные эффекты являются многофакторными, с учетом основных характеристик пациента и других видов онкологического лечения. Технологические достижения последних десятилетий снизили токсичность ЛТ, значительно улучшив способность проводить ЛТ таким образом, чтобы максимизировать дозу для опухоли и минимизировать дозу для органа. Ключевые слова: Рак, лучевая терапия, линейная передача энергии, гибель клеток.

Kirish

Radiatsion terapiya (RT) o'sma kasalliklarni davolashning asosiy usullaridan biri bo'lib, deyarli barcha yomon sifatli o'smalarni davolashda ham, palliativ sharoitda ham qo'llaniladi. Odatda jarrohlik, sitotoksik kimyoterapiya va immunoterapiya bilan birgalikda RT Amerika Qo'shma Shtatlaridagi bemorlarning >30% da birinchi darajali saratonni davolashning bir qismidir, 1 va saraton bilan og'rigan barcha bemorlarning taxminan yarmi davolash paytida RT oladi. 2 RT zaharliligini tushunish onkologlar, birlamchi tibbiy yordam shifokorlari va saraton kasalligini davolash, qo'llab-quvvatlovchi boshqaruv va omon qolish bilan shug'ullanadigan boshqa klinitsyenlarga tegishli. Bu erda biz terapevtik nurlanishning yon ta'sirini (kutilgan va kutilmagan) ko'rib chiqamiz. Radiatsiyadan hujayralarni o'ldirish mexanizmi o'simta hujayralari uchun selektiv emas va RTni optimal etkazib berish o'simta dozasini maksimal darajada oshirish va normal to'qimalar dozasini minimallashtirish o'rtasidagi muvozanatdir. Shunday qilib, radiatsiya toksikligini o'rganish radiatsiya onkologiyasini o'qitishning asosiy tarkibiy qismidir va amaliyotlar toksiklik ehtimoli bilan bog'liq omillar bo'yicha



keng ko'lamli va rivojlanayotgan adabiyotlarga asoslanadi. 3 , 4 Radiatsiya toksikligini o'rganish yadro tibbiyoti va rivojlanayotgan " teranostika " sohasiga ham tegishli bo'lib , unda maqsadli agentlar bilan bog'langan radionuklidlar diagnostik va terapevtik yordamga ega, ammo samaradorlik va toksiklik bo'yicha dozimetrik tadqiqotlar cheklangan. 5 , 6

Radiatsion terapiya tamoyillari

Radiatsiya saraton hujayralarini yo'q qilish uchun ishlatiladigan jismoniy vositadir. Amaldagi nurlanish ionlashtiruvchi nurlanish deb ataladi, chunki u ionlarni (elektr zaryadlangan zarrachalar) hosil qiladi va u orqali o'tadigan to'qimalarning hujayralarida energiya to'playdi. Bu to'plangan energiya saraton hujayralarini o'ldirishi yoki saraton hujayralarining o'limiga olib keladigan genetik o'zgarishlarga olib kelishi mumkin.

Yuqori energiyali nurlanish hujayralarning genetik materialiga (dezoksiribonuklein kislotasi, DNK) zarar etkazadi va shu bilan ularning bo'linish va ko'payish qobiliyatini bloklaydi 13 . Radiatsiya normal hujayralarga ham, saraton hujayralariga ham zarar etkazsa-da, radiatsiya terapiyasining maqsadi saraton hujayralariga qo'shni yoki radiatsiya yo'lida joylashgan normal hujayralarga ta'sir qilishni minimallashtirish bilan birga anormal saraton hujayralariga nurlanish dozasini maksimal darajada oshirishdir. Oddiy hujayralar odatda saraton hujayralariga qaraganda tezroq tiklanadi va normal faoliyat holatini saqlab qoladi. Umuman olganda, saraton hujayralari radiatsiyaviy davolash natijasida etkazilgan zararni tiklashda oddiy hujayralar kabi samarali emas, natijada differentsial saraton hujayralari 10 nobud bo'ladi .

Radiatsiya davolash maqsadida berilishi mumkin, shuningdek, bemorlarni saraton kasalligidan kelib chiqqan alomatlardan xalos qilish uchun palliativ davolashning juda samarali usuli sifatida ishlatilishi mumkin. Radiatsiya terapiyasining keyingi ko'rsatkichlari jarrohlik, kimyoterapiya yoki



immunoterapiya kabi boshqa davolash usullari bilan kombinatsiyalangan strategiyalarni o'z ichiga oladi. Agar operatsiyadan oldin qo'llanilsa (neoadjuvan terapiya), radiatsiya o'simtani qisqartirishga qaratilgan. Jarrohlikdan keyin qo'llanilsa (adjuvant terapiya), radiatsiya ortda qolgan mikroskopik o'simta hujayralarini yo'q qiladi. Ma'lumki, o'smalar nurlanish bilan davolashga sezgirliги bilan farqlanadi. 1- jadvalda radiatsiya terapiyasi bilan davolanadigan keng tarqalgan saraton turlari ro'yxati keltirilgan.

Saratonni davolash uchun ishlatiladigan nurlanish turlari: keng qo'llaniladigan foton nurlari (rentgen va gamma nurlari).

Foton nurlari past nurlanish zaryadiga ega va massasi ancha past. X-nurlari va gamma nurlari turli xil saraton kasalliklarini davolash uchun radiatsiya terapiyasida muntazam ravishda fotonlardan foydalaniladi. X-nurlari va gamma nurlari kam ionlashtiruvchi nurlanishlar bo'lib, ular past LET (chiziqli energiya uzatish) elektromagnit nurlari hisoblanadi va keyinchalik massasiz energiya zarralaridan tashkil topgan fotonlar deyiladi. Rentgen nurlari elektronlarni qo'zg'atuvchi qurilma (masalan, katod nurlari naychalari va chiziqli tezlatgichlar), gamma nurlari esa radioaktiv moddalarning (egkobalt-60, radiy va seziy) parchalanishidan kelib chiqadi.

Zarrachalar nurlanishi (elektron, proton va neytron nurlari)

Elektron nurlar odatda kundalik radiatsiya terapiyasida qo'llaniladi va ayniqsa tana yuzasiga yaqin o'smalarni davolash uchun foydalidir, chunki ular to'qimalarga chuqur kirmaydi. Tashqi nurli nurlanish terapiyasi ham og'irroq zarralar bilan amalga oshiriladi: neytron generatorlari va siklotronlar tomonidan ishlab chiqarilgan neytronlar; siklotronlar va sinxrotronlar tomonidan ishlab chiqarilgan protonlar; va og'ir ionlar (geliy, uglerod, azot, argon, neon) sinkrotsiklotronlar va sinxrotronlar tomonidan ishlab chiqariladi. Proton nurlari saraton kasalligini davolash uchun ishlatiladigan zarracha nurlanishning yangi shaklidir. U Bragg



cho'qqisi deb nomlanuvchi to'qimalarda o'ziga xos so'rilish profili tufayli dozani yaxshiroq taqsimlashni taklif qilishi mumkin, bu o'simta joyida maksimal halokatli energiyani to'plash va ularning yo'lida sog'lom to'qimalarga zararni minimallashtirish imkonini beradi. Ular bolalar o'smalarida va kattalardagi o'smalar, masalan, orqa miya va bosh suyagi o'smalari kabi muhim tuzilmalar yaqinida joylashgan o'smalarda, ayniqsa, klinik jihatdan qo'llaniladi, bu erda maksimal normal to'qimalarni saqlash juda muhim 31 . Neytron nurlari proton nurlari nishonga burilgandan so'ng neytron generatorlari ichida hosil bo'ladi. Ular yuqori LETga ega va fotonlarga qaraganda ko'proq DNKga zarar etkazishi mumkin. Cheklovlar, asosan, neytron zarralarini ishlab chiqarishdagi qiyinchiliklar, shuningdek, bunday tozalash inshootlarini qurish bilan bog'liq.

Biologik jihatlar

Radiatsiyaning biologik samaradorligi (hujayralarni o'ldirish) chiziqli energiya uzatilishiga (LET), umumiy dozaga, fraksiyalanish tezligiga va maqsadli hujayralar yoki to'qimalarning radio sezgiriligiga bog'liq 34 , 35 . Kam LET radiatsiyasi nisbatan oz miqdordagi energiyani to'playdi, yuqori LET nurlanishi esa maqsadli hududlarda yuqori energiyani to'playdi. Radiatsiya o'simta xujayrasini o'ldirishga qaratilgan bo'lsa-da, o'simta atrofidagi saraton bo'lmagan normal to'qimalar ham nurlanishdan zarar ko'rishi muqarrar.

Radiatsiya terapiyasi saraton hujayralarini olib tashlash uchun turli usullar bilan ishlaydi

Hujayradagi nurlanishning biologik maqsadi DNKdir (1- rasm).

1. Radiatsiyaning bevosita ta'siri: Radiatsiya to'g'ridan-to'g'ri hujayra DNKsi bilan o'zaro ta'sir qilishi va zarar yetkazishi mumkin .

1-rasm.



Hujayradagi radiatsiyaning biologik maqsadi DNKdir. Saraton hujayralarining DNKsiga katta zarar etkazish hujayra o'limiga olib kelishi mumkin. DNKning ikki zanjirli uzilishlari (DSB) ko'pchilik hujayralarni o'ldirish uchun ko'proq javobgardir, hatto bitta DSB hujayrani o'ldirish yoki radiatsiya bilan davolash orqali uning genomik yaxlitligini buzish uchun yetarli.

Radiatsion terapiya usullari

Intensiv modulyatsiyalangan radiatsiya terapiyasi (IMRT)

IMRT onkologga o'simtaga mos keladigan tartibsiz shakldagi nurlanish dozalarini yaratishga, shu bilan birga muhim organlardan qochishga imkon beradi. IMRT quyidagi yo'llar bilan amalga oshiriladi: a) teskari rejalashtirish dasturi va b) davolash paytida bir nechta nurlanish nurlarining kompyuter tomonidan boshqariladigan intensivligini modulyatsiya qilish. IMRT hozirda ko'plab klinik bo'limlarda mavjud va statik yoki dinamik ko'p bargli kollimatorlar yoki tomoterapiya mashinalari bilan chiziqli tezlatgichlar tomonidan etkazib berilishi mumkin. Bu bosh va bo'yin saratoni 17, prostata saratoni 18 va ginekologik saraton 19 kabi bir nechta o'sma joylari uchun terapevtik nisbatni yaxshilashga imkon berdi.

Fraksiyalash

Fraksiyalangan rejimda o'tkaziladigan radiatsiya terapiyasi saraton va turli normal to'qimalarning turli xil radiobiologik xususiyatlariga asoslanadi. Umuman olganda, bu rejimlar normal to'qimalarning saraton hujayralariga nisbatan omon qolish ustunligini oshiradi, bu asosan normal hujayralardagi radiatsiyaviy zararni saraton hujayralariga nisbatan yaxshiroq tiklashga asoslangan. Oddiy hujayralar tez ko'payadigan saraton hujayralari bilan solishtirganda nisbatan sekinroq ko'payadi va shuning uchun replikatsiyadan oldin zararni tiklash uchun vaqt bor.. Joriy rejimlar individual o'simta turlari va normal to'qimalar uchun vaqt-doza omillarini



ko'rib chiqadigan yanada aniqlangan chiziqli-kvadrat formulaga asoslangan 15 . Odatiy radiatsiya terapiyasi rejimi endi bir necha hafta davomida berilgan 1,5 dan 3Gy gacha bo'lgan kunlik fraktsiyalardan iborat.

3D Konformal radiatsiya terapiyasi (3DCRT)

Oddiy rentgen tasviriga asoslangan to'rtburchak maydonlardan foydalangan holda 2D radiatsiya terapiyasi asosan KT tomografiyasiga asoslangan 3D radiatsiya terapiyasi bilan almashtirildi, bu esa o'simtani va muhim normal organ tuzilmalarini to'g'ri lokalizatsiya qilishga imkon beradi. Maqsad, radiatsiyani yalpi o'simta hajmiga (GTV), klinik maqsadli hajm (CTV) deb ataladigan mikroskopik o'simta kengayishi uchun chegara bilan va rejalashtirish maqsadli hajmi (PTV) 16 deb ataladigan organ harakati va o'rnatish o'zgarishlaridan boshqa chegara noaniqliklari bilan etkazishdir

Rentgen braxiterapiyasi

Kontaktli rentgen braxiterapiyasi (shuningdek, "elektron braxiterapiya" yoki "Papillon Technique" deb ataladi) to'g'ri ichak saratonini davolash uchun to'g'ridan-to'g'ri o'simtaga qo'llaniladigan past energiyali (50 kVp) kilovoltli rentgen nurlaridan foydalangan holda radiatsiya terapiyasining bir turi. Jarayon endoskopik tekshiruvdan iborat bo'lib, birinchi navbatda to'g'ri ichakdagi o'simtani aniqlash, so'ngra anus orqali o'simtaga davolovchi aplikatorni to'g'ri ichakka kiritish va uni saraton to'qimalariga qo'yish. Nihoyat, to'rt hafta davomida uch marta ikki haftalik interval bilan o'simtaga to'g'ridan-to'g'ri chiqariladigan rentgen nurlarining yuqori dozalarini (30Gy) etkazib berish uchun aplikatorga davolash trubkasi kiritiladi. Odatda jarrohlik uchun nomzod bo'lmagan bemorlarda erta to'g'ri ichak saratonini davolash uchun ishlatiladi. 2015 yilgi NICE tekshiruvi asosiy nojo'ya ta'sir 38% hollarda qon ketishi va 27% hollarda radiatsiya ta'sirida yuzaga kelgan yara ekanligini aniqladi.



Radiatsiya shikastlanishining patofiziologiyasi Qisqacha aytganda, ionlashtiruvchi nurlanish to'g'ridan-to'g'ri yoki bilvosita (reaktiv kislorod turlari orqali) DNKga zarar etkazadi va hujayra o'limiga olib kelishi mumkin bo'lgan voqealar kaskadini keltirib chiqaradi. Hujayralarni o'ldirish va qarshilik darajasi differentsiatsiya darajasi va mitotik tezlik, shuningdek, kumulyativ va fraksiyonel nurlanish dozasi kabi xususiyatlarga qarab o'zgaradi. 7

Oddiy to'qimalarga radiatsiya ta'sirining patofiziologiyasi. Ionlashtiruvchi nurlanish o'z ta'sirini DNKga zarar etkazish orqali boshlaydi, bu potentsial toksiklikka olib keladigan hodisalar kaskadini keltirib chiqaradi (toksiklikning klinik ko'rinishi qizil matn bilan ko'rsatilgan). O'tkir ta'sirlar odatda yallig'lanishdir yoki epiteliya depopulyatsiyasi/repopulyatsiyasini aks ettiradi. Kechiktirilgan ta'sirlar ko'pincha fibroz, qon tomir shikastlanishi yoki asta-sekin parenxima shikastlanishini aks ettiradi, bu esa global organ funksiyasini kamaytirishi mumkin.

RT mahalliy davolash usuli bo'lganligi sababli, ta'sirlangan organlar va to'qimalarning anatomik xususiyatlari toksiklikning patogenezi va klinik ko'rinishiga ta'sir qiladi. Organlar parallel ravishda (masalan , jigar va o'pka) yoki ketma-ket (masalan , qizilo'ngach va asab) joylashgan funktsional birliklardan iborat deb hisoblash mumkin , ularning har biri toksiklik uchun xarakterli yo'llarga ega 2

Parallel va ketma-ket organlar arxitekturasini, model sifatida jigar. Parallel organlar nurlanishni qabul qilishning foiz miqdoriga (shuningdek, ishlaydigan parenximaning qolgan miqdoriga) sezgir, ammo kichik joylarga yuqori dozalariga toqat qila oladi. Buning teskarisi, odatda, bitta segmentning shikastlanishi umumiy organ funksiyasiga ta'sir qilishi mumkin bo'lgan ketma-ket organlar uchun to'g'ri keladi.



Xulosa

Radiatsiya saraton kasalligini davolashning muhim usuli bo'lib qolmoqda va saraton kasalligi bilan og'rigan bemorlarning omon qolishini va hayot sifatini yaxshilashni davom ettiradigan yangi radiatsion davolash usullari va usullarini ishlab chiqishga qaratilgan sa'y-harakatlari davom etmoqda. Saraton kasalligini davolashning yaxshilangan klinik natijalari bilan radiatsiya terapiyasi bilan bog'liq toksik ta'sirlarni minimallashtirish ham ustuvor vazifaga aylandi. Mexanik biologik tadqiqotlarning paydo bo'lishi radiatsiya texnologiyasini takomillashtirish bilan birga dozani taqsimlash va konformal nurlanish texnikasi orqali normal hujayralar to'qimalarni tejashni yaxshiladi. Radiatsiya, shuningdek, radiatsiya bilan davolashning terapevtik nisbatini yanada yaxshilash maqsadida molekulyar maqsadli terapiya bilan birgalikda yetkazilmoqda 10 .

Ionlashtiruvchi nurlanish saraton kasalligini davolashda eng samarali vositalardan biri bo'lib qolsa-da, bir qator savollarga javoblar saqlanib qolmoqda: 1. Hujayra o'lim yo'lining ma'lum bir turini tanlashda saraton hujayralarini qanday mezonlar boshqaradi? 2. Saraton xujayrasi tiklanish (ta'mirlash) dasturidan hujayraning halokatli o'limiga qanday o'tadi? 3. Boshqa davolash usullari bilan birgalikda radiatsiya terapiyasining samaradorligini optimallashtirish yo'llari? 4. Oddiy to'qimalarga radiatsiya terapiyasi ta'sirini kamaytirish mumkinmi? Ushbu va boshqa savollarga javoblar, radiatsiya terapiyasi texnologiyasi va texnikasidagi davom etayotgan yutuqlar, oxir-oqibat, saraton kasalligini davolashni davom ettirishga olib keladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Xalqaro Saraton tadqiqotlari agentligi (IARC) GLOBOCAN 2008, Dunyo bo'ylab saraton kasalligi va o'lim darajasi. Lion, Fransiya: IARC; 2010.



2. Jemal A, Bray F, Markaz MM, Ferlay J, Ward E, Forman D. Global saraton statistikasi. CA saratoni J Clin. 2011;61:69–90. doi: 10.3322/caac.20107.
3. Rades D, Stalpers LJ, Veninga T, Schulte R, Hoskin PJ, Obralic N va boshqalar. (2005 yil may). "Beshta nurlanish jadvalini va metastatik orqa miya siqilishi uchun prognostik omillarni baholash". Klinik Onkologiya jurnali. 23 (15): 3366–3375. doi: 10.1200/JCO.2005.04.754. PMID 15908648.
4. Rades D, Panzner A, Rudat V, Karstens JH, Schild SE (2011 yil noyabr). "Omon qolish prognozi nisbatan qulay bo'lgan bemorlarda metastatik orqa miya siqilishi (MSCC) uchun radiatsiya terapiyasining dozasini oshirish". Strahlenterapiya va onkologiya. 187 (11): 729–735. doi: 10.1007/s00066-011-2266-y. PMID 22037654. S2CID 19991034.
5. Rades D, Shegedin B, Conde-Moreno AJ, Garsiya R, Perpar A, Metz M va boshqalar. (2016 yil fevral). "Metastatik epidural orqa miya siqilishi uchun 4 Gy × 5 ga qarshi 3 Gy × 10 bilan radioterapiya: SCORE-2 sinovining yakuniy natijalari (ARO 2009/01)". Klinik Onkologiya jurnali. 34 (6): 597–602. doi: 10.1200/JCO.2015.64.0862. PMID 26729431.
6. Yerramilli D, Xu AJ, Gillespie EF, Cho'pon AF, Beal K, Gomez D va boshqalar. (01.07.2020). "COVID-19 sharoitida onkologik favqulodda vaziyatlar uchun palliativ radiatsiya terapiyasi: xavf va foydalarni muvozanatlash uchun yondashuvlar". Radiatsion onkologiyaning yutuqlari. 5 (4): 589–594. doi:10.1016/j.adro.2020.04.001. PMC 7194647. PMID 32363243.
7. Rades D, Stalpers LJ, Veninga T, Schulte R, Hoskin PJ, Obralic N va boshqalar. (2005 yil may). "Beshta nurlanish jadvalini va metastatik orqa miya siqilishi uchun prognostik omillarni baholash". Klinik Onkologiya jurnali. 23 (15): 3366–3375. doi: 10.1200/JCO.2005.04.754. PMID 15908648



8. Winkel, Dennis; Bol, Gijsbert X.; Kroon, Petra S.; van Asselen, Bram; Xakett, Sara S.; Werensteijn-Honingh, Anita M.; Intven, Martijn P.V.; Eppinga, Wietse S.C.; Tiyssen, Rob H.N.; Kerkmeijer, Linda G.V.; de Bur, Hans C.J.; Muk, Stella; Meyjer, Gert J.; Xes, Yoxem; Villemssen-Bosman, Mirjam (2019 yil sentyabr). "Adaptiv radioterapiya: Elekta Unity MR-linac kontseptsiyasi". Klinik va translatsion radiatsiya onkologiyasi. 18: 54–59. doi: 10.1016/j.ctro.2019.04.001. PMC 6630157. PMID 3134197

9. "Radiatsiya terapiyasining yon ta'siri va ularni boshqarish usullari". Milliy saraton instituti. 2007-04-20. Olingan 2012-05-02

10. CK Bomford, IH Kunkler, J Walter. Valter va Millerning radiatsiya terapiyasi darsligi (6-nashr), p311

11. Kuper, Jeffri S.; Xanli, Meri E.; Hendriksen, Stiven; Robins, Mark (2022 yil 30-avgust). "Kechikkan radiatsiya shikastlanishini giperbarik davolash". StatPearls. StatPearls nashriyoti. PMID 29261879. 2023-yil 23-iyulda olingan – Milliy biotexnologiya axborot markazi orqali

12. Abbott EM, Falzone N, Lenzo N, Vallis KA. Tashqi nurlanish radiatsiyasi va radionuklid terapiyasini birlashtirish: mantiqiy asoslar, radiobiologiya, natijalar va to'siqlar. Clin Oncol (R Coll Radiol). 2021 yil noyabr;33(11):735-743

13. Weintraub SM, Salter BJ, Chevalier CL, Ransdell S. Radiatsiya terapiyasida xavfsizlik hodisalari bilan inson omili uyushmalari. J Appl Clin Med Phys. 2021 yil oktabr;22(10):288-294

14. Schaeffer EM, Srinivas S, Adra N va boshqalar. Prostata saratoni, 4.2023 versiyasi, Onkologiya bo'yicha NCCN klinik amaliyot ko'rsatmalari. J Natl Compr Canc Netw 2023 yil oktyabr;21(10):1067–96. <https://doi.org/10.6004/jnccn.2023.0050>



15. van As N, Tree A, Patel J va boshqalar. PACE B dan 5 yillik natijalar: lokalizatsiyalangan prostata saratoni uchun an'anaviy fraksiyalangan yoki o'rtacha gipo fraksiyalangan tashqi nur terapiyasi bilan stereotaktik tana radioterapiyasini (SBRT) taqqoslaydigan xalqaro fazali, randomizatsiyalangan nazorat ostida sinov. Int J Radiat Oncol, 2023 yil noyabr;15(4):E2–3

16. Ratnakumaran R, Hinder V, Brand D va boshqalar. O'tkir va kech genitoüriner va oshqozon-ichak toksikligi o'rtasidagi bog'liqlik: PACE B tadqiqotining tahlili. Saraton (Bazel). 2023 yil fevral;17(4). <https://doi.org/10.3390/cancers15041288>

17. Fink CA, Ristau J, Buchele C va boshqalar. Lokalizatsiyalangan prostata saratoni uchun stereotaktik ultrahipofraktsiyalangan MR tomonidan boshqariladigan radiatsiya terapiyasi - O'tkir toksiklik va bemor tomonidan bildirilgan natijalar, ko'p markazli SMILE bosqichi II sinovida. Clin Transl Radiat Onkol May. 2024;46:100771. <https://doi.org/10.1016/j.ctro.2024.100771>.

18. Zelefsky MJ, Kollmeier M, McBride S va boshqalar. Past va o'rta xavfli prostata saratoni bilan og'rigan bemorlar uchun stereotaktik tana radiojarrohligidan foydalangan holda 1-bosqich dozasi oshirish tadqiqotining besh yillik natijalari. Int J Radiat Oncol Biol Phys May. 2019;1(1):42–9. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2018.12.045>.

19. "To'g'ri ichakning erta saratoni uchun kontaktli rentgen brakiterapiyasi". Milliy sog'liqni saqlash va parvarishlash mukammalligi instituti. 2015 yil sentyabr.

20. Amerika tibbiyot fiziklari assotsiatsiyasi (2009 yil fevral). "2007 AAPM CRCPD so'roviga CRCPDning elektron brakiterapiya bo'yicha namunaviy qoidalari bo'yicha tavsiyalar berish uchun javob" (PDF). Amerika tibbiyotdagi fiziklar assotsiatsiyasi. 2010-yil 17-aprelda olingan.