



RADIATION TERAPIYANING INSON ORGANIZMIGA TA'SIRI

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

Radiatsiya terapiyasi (RT) ko'plab malignizatsiyalanuvchi o'smalarni davolovchi 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. Toksikozning namoyon bo'lishi ham hujayra xususiyatlariga, ham ta'sirlangan organlarning anatomiyasi va fiziologiyasiga bog'liq. 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. Shunday qilib, RT bilan bog'liq toksiklikni o'rganish radiatsiya onkologiyasini o'qitishning murakkab, asosiy komponenti bo'lib, saraton kasalligini boshqarishdagi yutuqlar bilan bir qatorda rivojlanishda davom etmoqda. RT saratoni bilan og'rikan bemorlarning yarmidan birida qo'llanilganligi sababli, uning turli organ tizimlariga o'tkir va kech ta'sirini tushunish onkologlar uchun klinik jihatdan muhimdir.



Kalit so'zlar: radiatsion terapiya, malignizatsiyalanuchi o'smalar, ionlashtiruvchi nurlanish, DNK shikastlanishi.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Аннотация

Лучевая терапия (ЛТ) является методом лечения многих злокачественных опухолей и обеспечивает эффективное паллиативное лечение у 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. В этой статье авторы рассматривают клинический контекст, патофизиологию, факторы риска, проявления и лечение побочных эффектов ЛТ в каждой системе органов человека. Ионизирующее излучение действует, вызывая повреждение ДНК, которое приводит к гибели опухоли, но его воздействие на нормальные ткани может привести к острой и/или поздней токсичности. Проявление токсикоза зависит как от клеточных свойств, так и от анатомии и физиологии пораженных органов. Обычно существует прямая связь между дозой и объемом облучения нормальных тканей и риском токсичности, что привело к рекомендациям и рекомендуемым пределам доз для большинства тканей. Неблагоприятные эффекты являются многофакторными, внося вклад в основные характеристики пациента и другие онкологические методы лечения. Технологические достижения последних десятилетий снизили токсичность ЛТ, значительно улучшив способность доставлять ЛТ таким образом, чтобы максимизировать дозу для опухоли и минимизировать дозу для органов. Таким образом, изучение токсичности, связанной с ЛТ, является сложным, фундаментальным компонентом обучения радиационной онкологии и продолжает развиваться



вместе с достижениями в лечении рака. Поскольку ЛТ используется у половины всех пациентов с раком, понимание ее острых и поздних эффектов на различные системы органов клинически важно для онкологов.

Ключевые слова: лучевая терапия, злокачественные опухоли, ионизирующее излучение, повреждение ДНК.

IMPACT OF RADIATION THERAPY ON THE HUMAN ORGANISM

Abstract

Radiation therapy (RT) is a treatment modality for many malignant tumors and provides effective palliation in 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. In this article, the authors review the clinical context, pathophysiology, risk factors, presentation, and management of RT side effects in each human organ system. Ionizing radiation works by producing DNA damage that leads to tumor death, but its effects on normal tissues can result in acute and/or late toxicity. The manifestation of toxicosis depends on both cellular properties and the anatomy and physiology of the affected organs. There is usually a direct relationship between the dose and volume of radiation to normal tissues and the risk of toxicity, which has led to guidelines and recommended dose limits for most tissues. Adverse effects are multifactorial, contributing to 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. Thus, the study of RT-related toxicity is a complex, fundamental component of radiation oncology training and continues to evolve in tandem with advances in cancer management. Since RT is



used in up to half of all patients with cancer, understanding its acute and late effects on various organ systems is clinically important for oncologists.

Keywords: radiation therapy, malignant tumors, ionizing radiation, DNA damage.

Teri, biriktiruvchi to'qimalar va ko'krak bezi

Radiation dermatit

Teri, suyaklar va yumshoq to'qimalar ko'pgina davolash sharoitlarida sezilarli radiatsiya ta'sirini oladi. Katta kech teri zaharlanishi kamdan-kam uchraydi, chunki yuqori energiyali rentgen nurlarining fizik xususiyatlari yuzaki to'qimalarni afzal ko'radi. Radiation dermatit (vaqtinchalik quyosh yonishiga o'xshash) bosh va bo'yin, vulva, anal, teri, ekstremita (masalan , sarkoma) va ko'krak saratonini davolashda keng tarqalgan va kutilgan . Effektlar teri epiteliasining depopulyatsiyasi tufayli yuzaga keladi, alomatlar o'z-o'zidan cheklangan eritemadan og'riqli nam desquamatsiyaga qadar. Adabiyotning ko'p qismi ko'krak saratonidan olingan (bunda RT ko'krakni saqlash uchun lumpektomiya bilan yoki mastektomiyadan keyin yuqori xavfli xususiyatlar uchun qo'llaniladi). 8 Mastektomiyadan keyingi davrda (taxminan 20% -40% 2-3-darajali nam desquamatsiya) eng yuqori xavf teri yuqori dozani olish uchun mo'ljallangan va katta ko'krakli ayollarda. Teri burmalari (masalan , ko'krak qafasi, chanoq, perineum) ayniqsa sezgir. Boshqaruv barcha klinik holatlarda o'xshashdir, umumiy terini parvarish qilish, shu jumladan tozalash va tirnash xususiyati oldini olish. Steroid kremlar (masalan , mometazon) tasodifiy sinovda nam desquamatsiyani taxminan uchdan bir qismga kamaytirish uchun topilgan. 9 Yopishtiruvchi silikon qoplamalar va kumush sulfadiazin nam desquamatsiyani kamaytirish va boshqarishda ham samarali bo'lib, mahalliy antifungallar bilan to'ldirish uchun past chegaraga ega, chunki bir vaqtning o'zida xamirturush infektsiyasi keng tarqalgan. 10 , 11 Opiat og'rig'iga qarshi dori-darmonlarni



o'rtacha va og'ir holatlarda buyurish kerak, chunki simptomlar tez yaxshilanishdan oldin RT dan keyin 1 yoki 2 hafta davomida yomonlashishi mumkin.

Yumshoq to'qimalarning fibrozi va ko'krak kosmetikasi

Radiatsion dermatitga o'xshash klinik holatlarda teri osti yumshoq to'qimalarida yuqori dozali RTdan kech fibroz rivojlanishi mumkin, bu operatsiyadan keyin yara bitishiga o'xshaydi va jarrohlik, RT va/yoki kimyoterapiyaning har qanday kombinatsiyasi bilan davolash bilan kuchayadi. 12 Odatda subklinik bo'lsa-da, to'qimalarning qotib qolishi og'riq va harakatning cheklanishiga olib kelishi mumkin. Ta'sirlar yallig'lanish va o'tkir shikastlanish tufayli yuzaga keladi, bu esa fibroblast proliferatsiyasiga va hujayradan tashqari matritsa cho'kishining kuchayishiga, qon tomir etishmovchiligiga olib keladi.

Limfedema

Limfedema tugunni davolashni talab qiladigan har qanday periferik o'simta joyini davolash muammosi bo'lishi mumkin (masalan , ko'krak bezi saratoni uchun qo'ltiq osti, vulva saratoni uchun kasik va ekstremal melanoma uchun ikkala qo'ltiq osti va kasik) va fibrozdan limfa drenajining buzilishi va/yoki tugunni to'g'ridan-to'g'ri olib tashlash tufayli yuzaga keladi. Semptomlar shish, og'riq va harakatlarning cheklangan doirasini o'z ichiga oladi, ular darhol yoki oylar va yillar davomida rivojlanishi mumkin.

Limfedema ko'krak bezi saratonida eng yaxshi o'rganilgan, bunda qo'ltiq osti qismini baholash shifobaxsh davolash uchun rejalashtirilgan bemorlarning ko'pchiligi uchun zarurdir. Jiddiylik va xavf jarrohlik darajasiga (qo'ltiq osti limfa tugunlarining biopsiyasi va aksillar limfa tugunlarining diseksiyasi) va radiatsiya (faqat ko'krak qafasidagi RT va tugunli RT) bilan bog'liq. Xavf qo'ltiq osti limfa tugunlarining to'liq diseksiyasi, so'ngra keng qamrovli mintaqaviy RT o'tkazilgandan keyin RT bilan yoki RTsiz qo'riqchi limfa tugunlaridan namuna



olishdan keyin 5% dan taxminan 20% dan 30% gacha. 20 Limfedema qaytarilmas bo'lishi mumkinligi sababli , erta aniqlash simptomlarning oldini olish yoki kechiktirish uchun muhimdir. Jismoniy terapiya (shu jumladan qo'lda limfa drenaji) va siqilish dastlabki boshqaruv hisoblanadi. To'liq dekonjestif terapiya eng samarali hisoblanadi, lekin qo'lda drenajlash, siqish, terini parvarish qilish va mashqlarni o'z ichiga olgan qat'iy rejimdir. Limfatik aylanma va limfa tugunlarini ko'chirishni o'z ichiga olgan yangi jarrohlik usullari istiqbolli natijalar bilan tekshirildi.

Radiatsiya nekrozi

Radiatsion nekrozga uchragan bemorlarda asemptomatik bo'lishi mumkin, engil rentgenologik shish yoki o'simta rivojlanishiga taqlid qiluvchi kengaygan, halqaga o'xshash kontrast kuchaytiruvchi og'ir nevrologik alomatlar bo'lishi mumkin. Semptomatik bemorlar uchun steroidlar tanlanadigan davolash usuli bo'lib, bevasizumab (VEGF inhibitori) steroidlarga chidamli bo'lgan bemorlarda ma'lum samaradorlikni ko'rsatadi. 2 , 3 Bemorlar operatsiyani talab qilishi mumkin, agar asosiy o'simta rivojlanishiga shubha tug'ilsa, bu afzalroq bo'lishi mumkin. So'nggi dalillar immunoterapiya radiatsiya nekrozi xavfini oshirishi mumkinligini ko'rsatadi. 4 , 5 Fraksiyalangan SRS (bitta davolashdan farqli o'laroq 3-5 ta davolash) bu va boshqa yuqori xavfli stsenariylarda xavfni kamaytirishi mumkin, chunki fraksiya boshiga yuqori radiatsiya dozasi ko'proq kech ta'sirlarni keltirib chiqaradi. 6 , 7

Zamonaviy radiatsiya texnikasining afzalliklari. Kichik hujayrali bo'lmagan o'pka saratoni III bosqichi bo'lgan bemor uchun uch o'lchovli (3-D) (chapda) va IMRT (o'ng) radiatsiya rejalari 60 kulrang (Gy) buyuriladi. Yupqa ko'k, yashil, qizil va binafsha chiziqlar mos ravishda 20 Gy , 30 Gy , 40 Gy va 60 Gy ni ifodalaydi . Qalin qizil va to'q sariq chiziqlar mos ravishda yalpi shish va qizilo'ngachni ifodalaydi. 3-D (qattiq chiziqlar) va IMRT (nuqtali chiziqlar) rejalari



uchun doza hajmi gistogrammalari (DVHs) quyida ko'rsatilgan. IMRT qizilo'ngach, o'pka va yurak uchun tolerantlik darajasida dozalarni olib keladi.

O'tkir simptomlar RTdan 7-10 kun o'tgach yaxshilansa ham, og'ir ezofagit chandiq va kech qizilo'ngach strikturasini keltirib chiqarishi mumkin. Qizilo'ngach saratoni uchun kemoradioterapiya olgan ko'plab bemorlar ham qizilo'ngachni olib tashlashadi, bu esa mustaqil ravishda strikturani keltirib chiqarishi mumkin. Boshqaruv parhez bo'yicha maslahatlar/terapiya va kengayishdan iborat bo'lib, ular tez-tez takrorlanishi kerak. Qizilo'ngach saratonini davolashning boshqa, kam uchraydigan, ammo potentsial jiddiy kechikish asoratlari orasida neyron shikastlanishi va traxeozeofagial oqma (odatda nafas yo'llariga o'simta invaziyasining muvaffaqiyatsiz davolanishi bilan bog'liq) tufayli qizilo'ngach dismotiliyasi kiradi. Rezeketab bo'lmaydigan, mintaqaviy darajada rivojlangan kasalligi bo'lgan 212 bemorning istiqbolli tadqiqotida 60 Gy. kemoradiyatsiya, oqma qo'shni tuzilmalarni bosib olgan T4 kasalligi bo'lgan bemorlarning 25% da, T2-T3 kasalligi bo'lgan bemorlarda 8% da paydo bo'ldi.

Oshqozon va ingichka ichak

Radiatsiya bilan bog'liq ko'ngil aynishi oshqozon ta'sirlanishiga xos hisoblanadi. Epiteliya ta'siridan (haftalar davomida asta-sekin o'sib boradi) farqli o'laroq, RT bilan bog'liq ko'ngil aynishi va / yoki qusish ko'pincha dastlabki bir necha soat yoki kunlarda paydo bo'ladi va keyinchalik kamayishi mumkin. Etiologiya markaziy retseptorlarga ta'sir qiluvchi omillar, jumladan, 5-gidroksitriptamin-3, serotonin, neyrokinin-1 va dofaminning chiqarilishi deb hisoblanadi. Ushbu alomatlar odatda antiemetiklar yoki qisqa radiatsiya tanaffuslari bilan yengillashtirilishi mumkin. Kichkina davolash hajmlari va kam kunlik nurlanish dozalari bilan og'ir simptomlar xavfi kamayadi.

Ingichka va yo'g'on ichakda epiteliyaning kamayishi, yallig'lanish va kript xo'ppozlarining shakllanishi umumiy "radiatsion enterit" deb ataladigan



alomatlarga olib kelishi mumkin. O'tkir ta'sirlar terapiyadan bir necha hafta o'tgach boshlanadi va ichakning engil chastotasi / shoshilinchligidan tomir ichiga hidratsiyani talab qiladigan og'ir, suvli diareyagacha o'zgaradi. Semptomlar bir vaqtning o'zida kimyoterapiya (ayniqsa, ftorli pirimidinlar , masalan, 5-ftorouratsil va kapesitabin) bilan yomonlashadi . Faol yallig'lanishli ichak kasalligi bo'lgan bemorlar yuqori xavf ostida bo'lishi mumkin. Bemorlarga simptomlarni yomonlashtirishi mumkin bo'lgan xun tolalaridan, shu jumladan teri, urug'lar va bargli ko'katlar bilan oziq-ovqatlardan qochish tavsiya etiladi . Ko'pincha diareyaga qarshi vositalar (masalan , loperamid yoki difenoksilat / atropin) qo'llaniladi, teri osti oktreotid og'ir holatlarda antisekretor ta'siri tufayli samarali bo'ladi.

Kanserogenez

Radiatsiya karsinogenezi "stokastik" toksiklik bo'lib ko'rinadi, bu xavf dozani oshirish bilan ortadi va undan pastroq xavf yo'q. Qattiq o'smalar bilan kasallanish yillar va o'n yillar davomida asta-sekin o'sib boradi, gematologik malign o'smalar esa 2 yil ichida paydo bo'ladi, 5-10 yildan keyin esa xavf kamayadi. Kattalardagi ikkinchi saraton xavfining miqdorini aniqlash saraton xavfining yoshga qarab tabiiy o'sishi bilan chalkashib ketgan bo'lsa-da, nurlanish sohalarida paydo bo'lganlar RT bilan bog'liq malignitedan dalolat beradi. Bachadon bo'yni saratoni ma'lumotlari shuni ko'rsatadiki, o'rtacha dozani olgan to'qimalarda saraton kasalligi umumiy populyatsiyaga nisbatan o'rtacha 2 baravar ko'payadi. Prostata saratoni bo'yicha ma'lumotlar kech rektal saraton xavfining 1,7 baravar oshishini ko'rsatadi. Shu bilan birga, xavfning mutlaq ortishi saraton kasalligining boshlang'ich darajasiga bog'liq va RTning omon qolish va/yoki palliativ foydalari odatda kanserogenez xavfidan ancha yuqori.

Xulosa

Katta texnologik yaxshilanishlar, jumladan, KT va MRI bo'yicha rejalashtirish, IMRT, zarracha terapiyasi va diagnostik tasvirni yaxshiroq ko'rsatish



to'qimalarning normal dozalari va o'tkir va kech toksiklik xavfini sezilarli darajada kamaytirishga imkon berdi . Shunga qaramay, har qanday organga radiatsiya dozasini oshirib yuborish natijasida jiddiy kasallik paydo bo'lishi mumkin. Shunday qilib, davolanishni rejalashtirish atlaslari, organlar dozasi / bardoshlik bo'yicha ko'rsatmalar, shuningdek, jurnalning to'liq soni va martabalari klinisyenlarga bemorlar uchun optimal terapevtik nisbatga erishishda yordam berish uchun radiatsiya toksikligini tushunishga bag'ishlangan. Agar amalga oshirish suboptimal bo'lsa, ishlab chiqilgan davolash rejalari foyda keltirmaydi va sifatni ta'minlash/yaxshilash dasturlarini keng qo'llash ish jarayonini optimallashtirish va bemorlarning xavfsizligini ta'minlash uchun radiatsiya terapevtlari, dozimetrlar , fiziklar va shifokorlarni birlashtiradi. Immunoterapiya, yangi jarrohlik usullari va gipofraktsiyalangan nurlanish jadvalidagi yutuqlar kontekstida radiatsiya toksikligini tushunishni yaxshilash bo'yicha davom etayotgan ishlar davom etmoqda

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 (MSSC) 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 $\times$ 5 ga qarshi 3 Gy $\times$ 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; Villemsen-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. 10. CK Bomford, IH Kunkler, J Walter. Valter va Millerning radiatsiya terapiyasi darsligi (6-nashr), p311
11. 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. 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. 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 dozasini 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.