

Képalkotás és diagnózis a sebészeti beavatkozás megtervezéséhez

Ferdinánd Bauer

Absztrakt

A végbélrák preoperatív képalkotó diagnózisa áll az onkológiai stádium meghatározásának középpontjában, és alapvető szerepe van a beteg kezelési és terápiás tervében. E daganat gyakori, és a preoperatív tumor stádium pontos meghatározása magas felbontású mágneses rezonancia (MRI) segítségével elengedhetetlen része a modern, multidiszciplináris csapat menedzsmentnek. Valóban, rektális MRI segítségével pontosan fel lehet mérni néhány fontos tényezőt, amelyek befolyásolhatják a kezelést, mint például a tumor távolságát a mesorectális fasciától, nyirokcsomók jelenlétét, extramurális ér inváziót (EMVI) és az elülső hashártya reflexió, peritoneum valamint szfinkter komplexum beszűrttségét. Ezek nagyrésze nehézséget jelent egy kevésbé szakértő számára. Ebben a fejezetben bemutatjuk a jelenleg használt daganat staging módszereket főleg MRI segítségével, beleértve a képalkotási technikák optimalizálását, tumor stadialisálást, kiértékelési tanácsokat és a leletbe leírt legfontosabb elemeket.

Kulcsszavak: végbélrák, MRI staging, protokoll, kiértékelés, 3D képalkotás

I. Bevezetés

A végbélrák preoperatív képalkotó diagnózisa áll az onkológiai stádium meghatározásának középpontjában és alapvető szerepe van a beteg kezelési és terápiás tervében. A máj- és tüdőáttek kizárására az elsődleges módszer a kontraszt anyaghasználatos computer tomográfia (CT). Azonban, jelenleg a legmodernebb módszer a helyi daganat stagingre a mágneses rezonancia képalkotás. (MRI) Az egyik új fejlesztés, a 3D MRI, úgy tűnik további lehetőségeket nyújt a sebészeti beavatkozás megtervezéséhez.

I.1 Multidiszciplináris menedzsment csapat (MDT) a rektális MRI-ben

A végbélrák számos terápiás lehetőségének köszönhetően nemzetközi szabvánnyá vált (pl. 1), hogy minden beteget egy multidiszciplináris csapat vitasson meg kezelés előtt egy tumor gyűlésen. Ez az eljárás biztosítja, hogy a beteg érdekében minden terápiás lehetőség szükség szerint figyelembe legyen véve. Ezen megbeszélések alapja legtöbb esetben a képalkotási leletek. A medence mágneses rezonancia képalkotása (MRI) központi jelentőségűvé vált az elmúlt években, mivel a legjobban ábrázolja a tumor kapcsolatát a mezorectalis fasciával és a medence többi struktúrájával.

A helyes terápiás döntések meghozatalához az MRI-t nemcsak technikailag kell megfelelő módon végrehajtani, hanem megfelelően kell értelmezni és bemutatni is. Sőt mi több, a radiológusnak alapvető ismeretekkel kell rendelkeznie a különböző rendelkezésre álló terápiás lehetőségekről. Pontosabban, fontos érteni a műtéti szempontokat, hogy egy cél orientált, interdiszciplináris párbeszédet érjünk el. Hasonlóképpen, a kezelő orvosoknak alapvető ismeretekkel kell rendelkezniük az MRI értelmezéséről annak érdekében, hogy megértsék a radiológus megállapításait.

2. A mágneses rezonancia képalkotás (MRI) alapjai

2.1 Hasznos MRI szekvenciák

A T1 súlyozott szekvenciák (T1w) rendkívül érzékenyek a zsírra, a velőre és a gadolínium kontrasztanyagra, amelyek képesek észlelni a nagy intenzitású jelet, ezért világosnak tűnnek T1 képeken. Másrészt, a víz alacsony intenzitású jellel rendelkezik, így sötétben jelenik meg. Ennek köszönhetően arról ismerhetjük fel a T1 súlyozott képeket, hogy a víz, például a húgyhólyagban lévő vizelet sötét szürke, míg a zsír és csontvelő majdnem fehér. A T1 súlyozott szekvenciák különösen fontosak a kismedencei nyirokcsomók és a csontvelő vizsgálatához.

A T2 súlyozott szekvenciák (T2w) az MRI kismedencei képalkotás legfontosabb szekvenciái. Nagy felbontású anatómiai képeket biztosítanak, amelyek lehetővé teszik a rektális karcinóma pontos megjelenítését és kapcsolatát a környező struktúrákkal. A mesorektális fasciát (CRM) egy vékony, alacsony T2 jelintenzitású sávként ábrázolja. Könnyen felismerhető egy T2 súlyozott szekvencia a magas jelintenzitású vízről, például a vizelet a húgyhólyagban, és a magas jelintenzitású zsírról. A T2 súlyozott (T2w) szekvenciák vízérzékenyek, így a víz jelben gazdag (világos), míg az alacsony víztartalmú fibrotikus szövetek jelszegények (sötét). Paradox módon, a zsír szintén jelgazdag (világos) T2w képeken, emiatt néhány egyéni esetben nehezen megkülönböztethető a víztől. Ebben az esetben segíthet a zsírszelvény specifikus elnyomása. Mivel azonban minden zsírszuppressziós technika (FS) jel csökkenéshez, ezen keresztül pedig a képzaj növekedéséhez vagy csökkent térbeli felbontáshoz vezet, nem ajánlottak a medence képalkotásához, csupán gadolíniumos kelát kontraszt anyag beadása után. Továbbá az FS szekvenciák csökkentik a kontraszt különbséget az alacsony T2 jelintenzitású rektális carcinoma és a jelgazdag mezorektális zsírszövet közt, amely negatívan befolyásolja a betegség kiterjedésének meghatározását.

Diffúziós súlyozott képalkotás (DWI) érhető el diffúzió-érzékeny gradiensek használatával gyors T2w szekvenciákban. A DWI, ellentétben a T1 és T2 mérésekkel (melyek kiválóak a morfológiai meghatározásához), egy **in vivo mérés**, és a víz molekulák mobilitását mutatja különböző szövetekben (normál, tumoros, vagy fibrotikus szövet). A rosszindulatú szövetekben lévő gátolt diffúzió magasabb (világos) jelet eredményez a DW képeken. Emiatt a daganatok általában világosak DWI képeken, míg az alacsonyabb diffúzió alacsony jelhez vezet a látszólagos diffúziós koefficiens (ADC) térképeken. A DW szekvenciák rendelkeznek a legalacsonyabb térbeli felbontással a rutin klinikai protokollokban használt szekvenciák közül a korlátozott jel/zaj arány miatt, és nagyon érzékenyek műtermékekre és torzításra. Ezek a torzulások kifejezettek levegő-szövet határnál (pl. belek) vagy fém klippeknel. Továbbá a DWI technikáknak szükségük van zsírszelvény elnyomáshoz, hogy a zsírnak egyáltalán vagy minimális jele legyen. A térbeli tájoláshoz mindig megfelelő anatómiai képeket készítünk T2W szekvenciák használatával.

A diffúziós súlyozott szekvenciák opcionálisak a rektális karcinóma elsődleges stadializálásához, de erősen javasoljuk a standard MRI protokollokba való bevonását, mivel jelentősen megkönnyíthetik a tumor és a nyirokcsomók lokalizációját és a későbbi újradializálást. Neoadjuváns terápia után az újradializáláshoz végzett MRI vizsgálatoknak tartalmazniuk kéne DWI szekvenciát, hogy észlelni vagy kizárni lehessen létfontosságú tumor maradványokat.

A beteg előkészítése

2.1.1 A rossz diagnózis mindig rossz betegelőkészítéssel kezdődik

Ellentétben néhány jelenlegi állásponttal, a bél előkészítése beöntéssel (vagy mikrobeöntéssel) közvetlenül a vizsgálat előtt rendkívül fontos. Egy, a kolonoszkópiához hasonló magas pontosságú vizsgálat elvégzése a cél, tiszta, kontaminálatlan környezetben. A páciens mindig részletesen tájékoztatni kell a vizsgálat lépéseiről, ez által biztosítva legtöbb esetben a beteg együttműködését. Ez úton csökkenthetjük a beteg nyugtalanságát és a mozgási műtermékeket. A Microlax rektális oldattal történő öblítés után a végbél meleg csapvízzel van feltöltve. A víz kiváló kontrasztanyag anélkül, hogy kockáztatná a bél felfúvódását. Osztályunkon ultrahanggél csak MRI defaecográfiához használunk, tumor diagnózisához nem, mivel a végbél kitágulása kompresszió hatására korlátozza a mesorectális tér felmérését. A víz, mint kontrasztanyag lehetővé teszi még a kicsi, lapos elváltozások pontos kimutatását is, melyek radiokemoterápia (RCT) után fordulhatnak elő. Egy másik előny a székletmaradványok melletti levegő eltávolítása. Ez az eljárás tökéletes feltételeket teremt kiváló minőségű DWI számára is, amely különösen fontos szerepet játszik az újrástagingben. A levegő a DWI mérések ellensége és valódi megghamisítója! Végül, de nem utolsósorban, egy vénás vonalat is előkészítünk a bélmozgás csökkentésére, és szükség esetén kontrasztanyag beadására.

Ezen lépések után, speciálisan képzett radiológia-tehnikus egy szakorvos kíséretében elvégzi a tényleges MRI vizsgálatot. Mindig egy standard protokollt követnek, különös figyelemmel az angulációra. A fő axiális szeleteknek mindig ortogonálisnak kell lenniük a tumorra nézve. Csak így felelhetnek meg az MRI eredmények a hisztológiának a helyi tumor staging, beszűrődési mélység és a mesorectális fasciától való távolság szempontjából. Továbbá fontos biztosítani, hogy újrástagingkor ugyanazt a felszerelést használjuk, mint az első vizsgálatkor. Tapasztalataink alapján különböző gépek (pl. Siemens vagy Philips) különböző DWI mérést nyújtanak, mely megnehezíti a pontos újrástadiálizálást. Ezeket a szervezési kihívásokat csak úgy lehet megoldani, ha tisztában vagyunk velük.

2.2 Vizsgálati protokoll

Rutin szerűen a rektális MR-t 1,5 vagy 3T-ás rendszereken végzik és nagyjából 25 percet tart. Azonban a sebészeti osztályunk inkább 3T-s rendszereket részesít előnyben az egyértelműen nagyobb felbontás, rövidebb vizsgálati idő és 3D képkészítés lehetősége miatt. Kiseb látómező ajánlott (FOV- "field of view"), mely pontosabb lokális tumor kiterjedést és a mesorectum, valamint a környező szervek kiváló megjelenítését teszi lehetővé.

Kezdsnek egy sagitális T2 súlyozott turbo spin echo (TSE) szekvenciát készítünk, mely a tervezési alapja a második, axiális vékony szeletű (3mm) T2 TSE szekvenciának, ez lévén a rektális protokoll meghatározó szekvenciája. Jelen esetben axiális mindig a tumorra merőlegeset jelent, így a tumor méretétől és helyzetétől függően paraaxiális, axiális vagy parakoronális szeleteket kapunk.

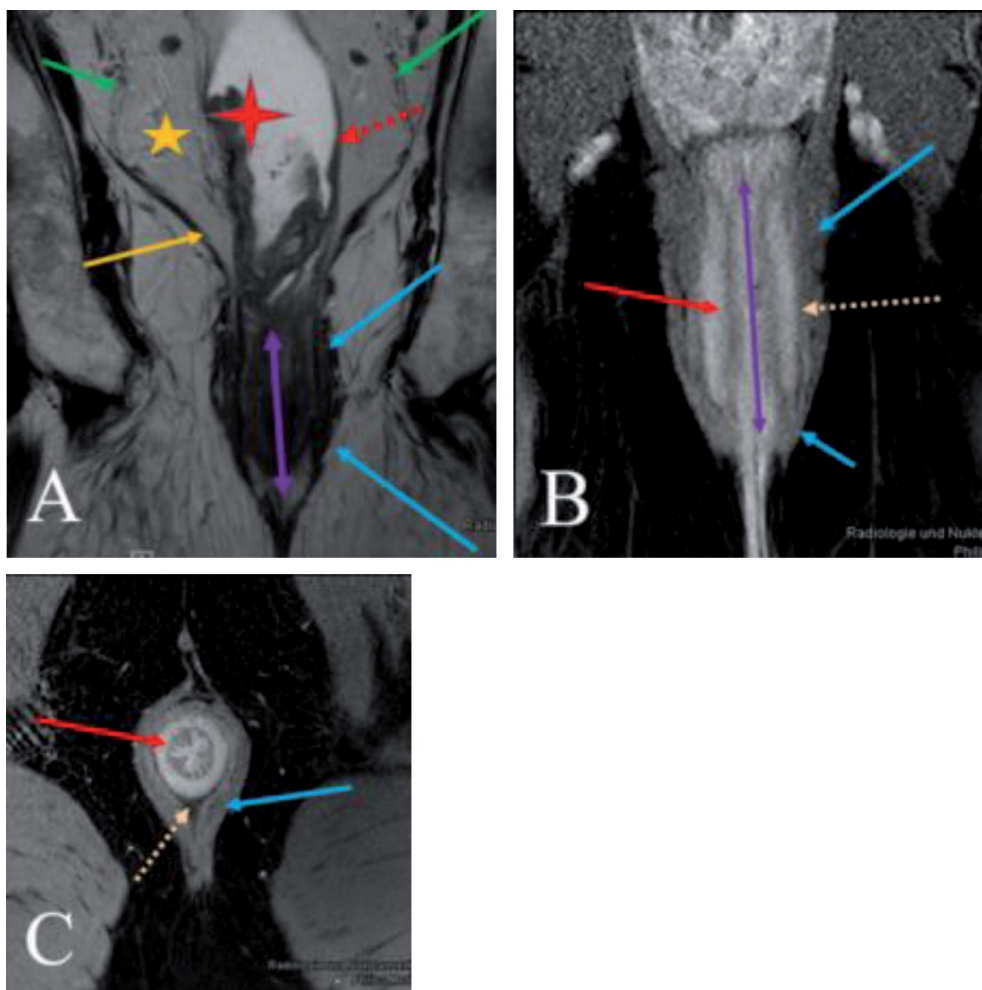
Ezen paraaxiális képek alapján végezzük a legfontosabb és kötelező méréseket, mm-ben megadva, mint például a tumor beszűrődési mélységét a mesorectumba vagy a tumor távolságát a mesorectális fasciától. Ha a radiológia osztály pontos munkát végez, akkor a mért értékek és a tumor staging megfelel a szövettani eredményeknek.

A radiológusok ezt a teljesítményt viszonylag hosszú tanulási idő után érik el. Mindig összevetjük az eredményeinket a szövettannal a tumor gyűlések során.

Javaslatok a nagy felbontású T2 axiális szekvenciákhoz:

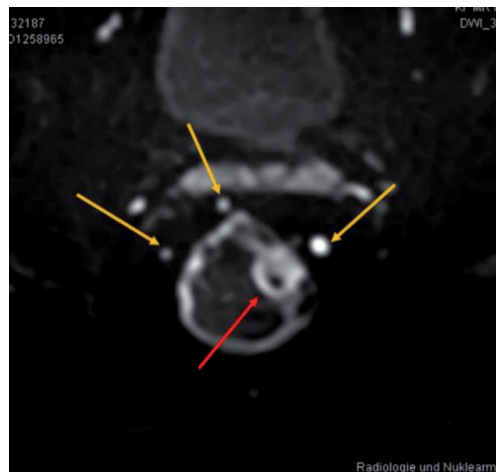
- Merőlegesnek kell lennie a tumorra. A tumor invazív magját (a tumor azon része, amely a leginkább beszűri a mesorectális zsírt) ki kell mutatni a szagittális síkon. Ez az a szint, ahol a szekvenciának merőlegesnek kell lenni a tumorra nézve.
- Néha szükséges lehet egynél több angulációból képek készítésére a terjedelmes tumorok optimális értékeléséhez.
- 3 mm vagy ennél vékonyabb szeletek készítése ajánlatos.

Mint már említettük, a mély karcinómák esetében (a végbél alsó harmadában) kötelező koronális T2w TSE szekvenciát készíteni annak érdekében, hogy detektálni vagy kizárni lehessen a musculus levator ani beszűrtségét (T4 stádium) vagy diagnosztizálni az anális csatorna ivázióját. Mély karcinómákhoz standardként gadolíniumos, axiális T1 súlyozott és koronális, zsírelnyomós gradiens echo (FRE fs) szekvenciát ajánlunk. Ezek a szekvenciák pontosabban ábrázolják az anális csatorna beszűrtségét, mint a natív T2 szekvenciák (1.ábra, A,B).



1. ábra.

A. Paracoronar síkú T2WI, nincs halmozás, egy alsó végbéli T2 stádiumú tumor látható a mesorectum, musculus levator ani vagy anális csatorna iváziója nélkül. B. Gadolíniumos paracoronar T1FS szekvencia, anális csatorna. C. Gadolíniumos axiális T1FS. Jelölések: Sárga nyíl: Levator ani; Sárga csillag: a mesorectum vége; Zöld nyíl: mesorectális fascia (FMR); Piros csillag: tumor; Piros szaggatott nyíl: muscularis propria; Piros folytonos nyíl: belső anális záróizom (IAS); Kék folytonos nyíl: külső anális záróizom (EAS); Lila kettős nyíl: anális csatorna; és sárga szaggatott nyíl: intersphincteric sík (ISP). Forrás: F. Bauer, Radiológia Kaufbeuren.



2. ábra.

Axiális DWI-T2W kép egy végbélrákról. Megfigyelhető a jól körülhatárolt tumor (piros nyíl) és néhány szabálytalan intramesorectális nyirokcsomó (sárga nyílak) azonos jelintenzitással A DWI jó a nyirokcsomók észlelésére, de nincs értéke a malignusság meghatározásában.. Forrás: F. Bauer, Radiológia Kaufbeuren.

Egy másik fontos része a rektális MRI protokoll előkészítésének a diffúziós súlyozott szekvenciák (DWI-MRI) előkészítése, beleértve az ADC (látszólagos diffúziós koefficiens) értékek kvantitatív mérését, mely további értékes információt nyújt a neoadjuváns radiokemoterápiára való válasz felméréséhez. Nagyon hasznos még a DWI a nyirokcsomók kimutatására is, de nem alkalmas ezek jó- vagy rosszindulatú mivoltának eldöntésére, mert a nyirokcsomók mindkét esetben magas cellularitásúak. [2]

Nagyjából 12 hónapja 3D térfogat mérést is belefoglaltunk a standard protokollunkba, ahol a legújabb szoftverrel és hardverrel rendelkező 3 T-s rendszereinket használjuk. Ez a kiegészítő mérés körülbelül 5 percet vesz igénybe.

2.3 A végbél és az anális csatorna klinikailag releváns embriológiája

A rectum és az anális csatorna az endodermális bélcsatorna utóbél nevű szakaszából fejlődnek ki. A ventrocaudalis végén (kb. 5. fejlődési hétben) egy zsák alakú dilatációval rendelkezik, a kloákával, amelyet kívülről a kloakális membrán határol. Az endodermával bélelt kloaka nemcsak a végbél és az anális csatorna hámszöveti rétegét biztosítja, hanem a húgyhólyag és a húgycsővét is. Az urorectalis septum növekedése vagy proliferációja a kloakális membrán irányába (gesztáció 7. hetében) felosztja a kloákát a ventrális helyzetű sinus urogenitale és a dorsalis helyzetű anorectumba. A kloakális membrán, amely epiteliális sejtklaszterekből áll, apoptózis útján eltűnik (a kloakális membrán szakadása) úgy, hogy a húgycső és az anális csatorna mind nyitottak kifele. A septum urorectale csúcsa elérve a testfelszínt a jövőbeli perineumot alkotja majd. Kifinomult módszerek segítségével évtizedek óta megcáfolták, hogy a kloakális membrán az endoderma és az ectoderma találkozási pontja.

A szaporodó hámsejtklaszterek, az úgynevezett anális membrán, ideiglenesen kimozdítják az anális nyílást. Ez a linea pectinata szintjén helyezkedik el, melyet ebben a pontban már ki lehet mutatni a felszíni epitélium immunohisztokémiai viselkedése alapján. Az epiteliális zárás a fejlődés nyolcadik hetében megszűnik. A 9. hétben, a különböző epitéliumok szaporodása és differenciálódása kialakítja az anális oszlopokat és sinusokat, így nem csupán a linea dentata vehető ki egyértelműen, hanem a magas köb- és laphám közötti hámszöveti határ is. Az anorectum körüli mesenchymában kialakul a belső símaizomréteg, a megvastagodott végével a 8. hétre eléri a linea pectinata szintjét. A külső longitudinális izomréteg bizonyos késéssel differenciálódik craniocaudális irányban [3].

Következtetés: Csupán a rectum linea anorectalis feletti része endodermiális eredetű, a vastagbélhez hasonlóan. Az anális csatorna az ectodermából származik, így sok szerző nem tartja a rectum részének.

3. Normál anorectalis MRI anatómia és a fasciák

MRI-ben a rektumot három részre oszthatjuk a három oldalsó redő alapján (megfelelően a belső Houston-billentyűknek).

A felső kétharmadot anterolaterálisan (felső harmad) és elülről (középső harmad) a zsigeri peritoneum veszi körül. Ez alkotja az elülső peritoneális reflexiót körülbelül a középső redő szintjén (a Kohlrausch-billentyű területén), így elválasztva a rectum felső két harmadát az extraperitoneálisan helyezkedő, széles lumenű rectális ampullától.

Az elülső peritoneális reflexió axiális síkban jellegzetes sirály alakú, emiatt “sirály jelnek” nevezik. (3C ábra).

Ahogy 2.3-ban említve volt, T2 súlyozásban optimálisan felmérhetjük a rectum falának rétegeit:

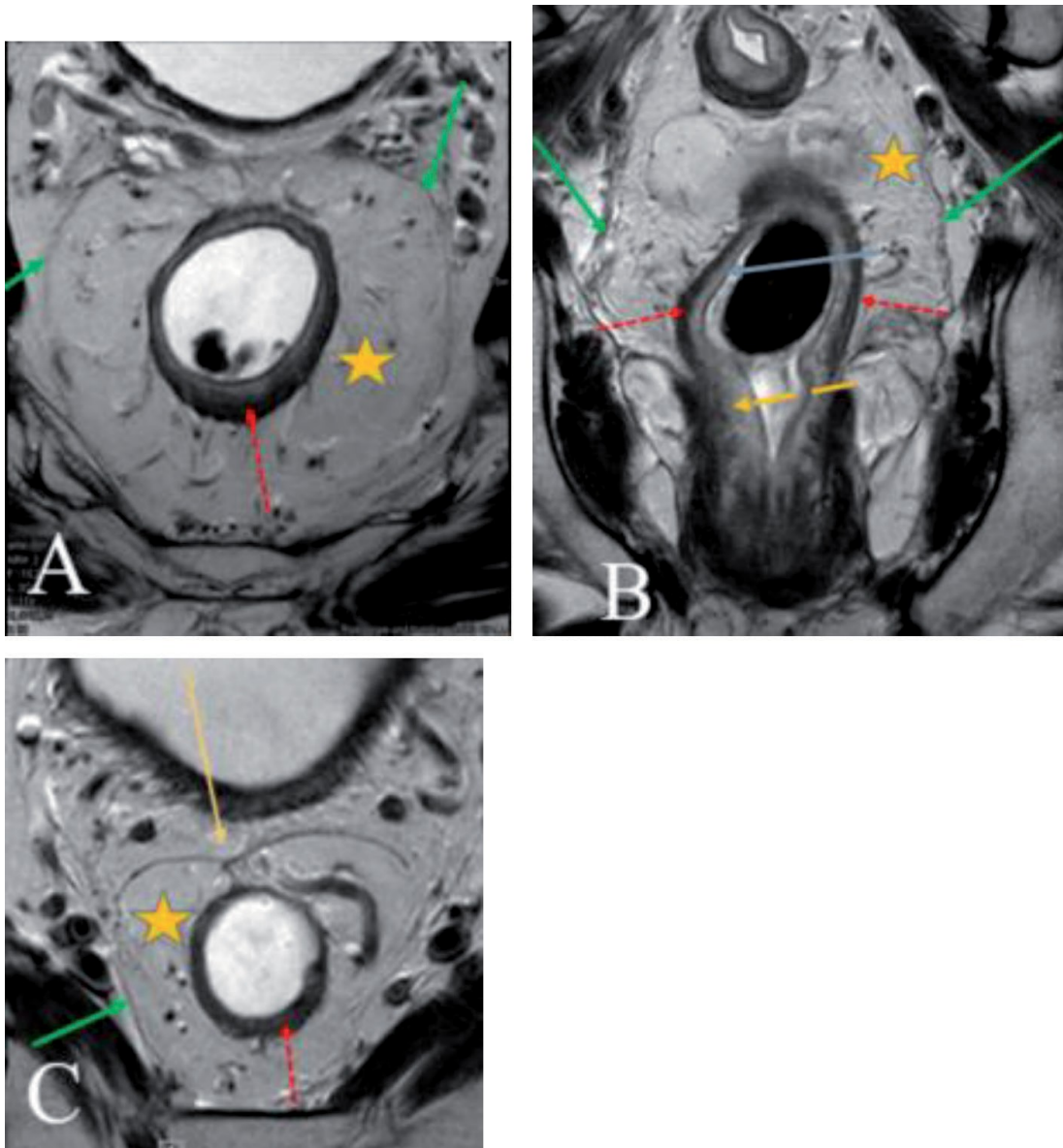
1. Submucosa, mely egy magas intenzitású, belső réteg. A megfelelő vizsgálati paraméterek (lásd alább), lehetővé teszik még a mucosa és a submucosa megkülönböztetését is. Ebben az esetben a mucosa egy vékony hipointenzív sávként jelenik meg a pozitív kontrasztos bél lumen és a magas intenzitású submucosa között;
2. Muscularis propria, mely a következő réteg, közepes vagy alacsony jelintenzitású;
3. Mesorectális zsír, mely a tumor terjedés természetes gátja, egy külső, magas intenzitású réteg;

A mezorectalis fascia (MRF) fontos határstruktúrát képvisel a tumor kiterjedésének leírásában és jól felismerhető T2 szekvenciákon, mint egy vékony, lineáris struktúra, alacsony intenzitással.

A mezorectális fascia körbefogja a perirectális (ún. mesorectális) zsírt, beleértve a nyirokcsomókat és ereket, és fontos természetes gátja a tumor terjedésének [4]. Ez megfelel az ún. circumferenciális resectiós szélnek (CRM), amely meghatározza a sebészi resectio kiterjedését teljes mesorectális excisió során, ahogy a 3A és B ábrán látható. Az elülső peritoneális reflexió szintjén a mesorectális fascia összeolvad a peritoneummal. Ettől a ponttól kezdve a mezorectális zsír aránya folyamatosan csökken, amíg sem zsír, sem fascia nem látható képalkotásban az anorectális átmenet szintjén. Kaudálisan a rectum összeolvad az anális sphincter komplexummal (Sphincter ani externus és internus).

A külső záróizom harántcsíkolt izomból áll, minden MR szekvencián hipointenzív struktúra, és csak kis mértékben halmoz kontraszt anyagot (a harántcsíkolt izmok jellegzetes tulajdonsága).

A végbél és az anális csatorna közötti határ könnyen felismerhető MR-en a musculus levator ani izomkomplexum segítségével, amely az anális csatorna felső végén helyezkedik el, és amely egyesül az alsó rectum izomrétegével [5].



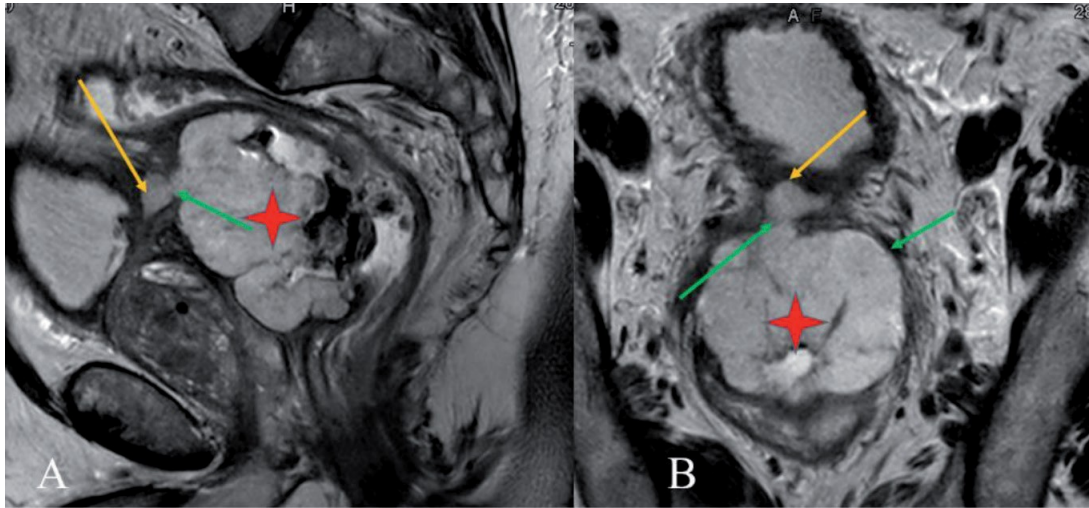
3. ábra.

Normál rectum fal, magas felbontású MRI-vel. A. Paraaxiális T2WI jól ábrázolja a rectum falának rétegeit a magas intenzitású bél lumen körül (mely vízzel töltött): alacsony intenzitással a muscularis propria (piros nyíl) és a magas intenzitású mesorectális zsír (sárga csillag) beleértve a nyirokcsomókat és ereket. Az MRF (zöld nyíl) egy nagyon vékony hipointenzív vonal körülvevő a mesorectumot. Ez a vonal létfontosságú a sebési beavatkozás megtervezéséhez, mert ez a CRM határa (MRF=CRM) B. Paracoronalis T2WI ábrázolja az alacsony jelintenzitású mucosát (kék nyíl), ezt a magas intenzitású submucosa követi (sárga nyíl) majd ezt újból egy alacsony intenzitású struktúra, a muscularis propria követi C. Paraaxiális T2WI ábrázolja az elülső peritoneális reflexió "Spiral jelét" (sárga nyíl). Forrás: F. Bauer, Radiológia Kaufbeuren.

A belső záróizom egyfajta kiterjedését jelenti a végbél muscularis propria körkörös izomzatának és simaizomból áll. Úgy T1-, mint T2-súlyozott szekvenciákban köztes jelintenzitással rendelkezik. Mi intravénás Gd kontrasztos MRt használunk a belső sphincter kihangúlyozására, 1B és C ábra. .

4. Tumor morfológia MRI-vel

A rectális adenocarcinomák akár 90%-a, egy szolid, polypoid vagy lapos lesióként jelenik meg a bél falban MR-en, míg egy körkörös vagy félig körkörös daganat változó mértékű béllumen szűkületet okoz.



4. ábra.

A. Axiális T2W képen egy alacsony fekvésű, magas jelintenzitású mucinos daganat (piros csillag) látható, mely megszakítja a mesorectális fasciát (zöld nyíl) és kiterjed a dorsális húgyhólyag falba (sárga nyíl). B. Nagy méretű mucinos carcinoma (pecsétgyűrűs sejtekkel) centrális heggel a rectum középső harmadában mely teljesen beszűri a mesorectumot és a dorsális húgyhólyag falát 12 óránál. Stádium: T4, CRM+, N0, EMVI. A hisztológia megerősítette ezt a diagnózist. Forrás: F. Bauer, Radiology Kaufbeuren.

A rektális daganatok 10%-a tartalmazhat mucint, ezek kedvezőtlen prognózisúak és nagy a műtét közbeni szóródás veszélye [6]. Az MRI jól ábrázolja ezeket a daganatokat T2w szekvenciákon, jól körülhatárolt, magas intenzitású terimékként, 4. ábra.

A fent leírtak alapján, T2 súlyozott képekkel optimális körülmények között meg lehet különböztetni a rectum falának rétegeit. A karcinómák túlnyomó többsége erősebb jellel rendelkezik, mint a hipointenz (nem mindig azonosítható) mucosa, de gyengébb jellel, mint az egyértelműen hiperintenzív submucosa. Ez alól kivételt képeznek egyrészt a mucinos karcinómák, másrészt a pecsétgyűrű-sejtes szigmoid karcinómák [7].

A kontrasztanyag beadása után az egész rektális fal egyértelműen hiperintenzív, és az egyes falrétegek már nem különböztethetők meg egymástól. Ezért a T-kategória elsődleges diagnózisához a natív T2-súlyozott szekvenciákat kell használni.

5. Helyi stádiummeghatározás MRI-vel

Az MRI-vel nyert adatok kiértékelése a TNM rendszerre kell alapuljon. Az MRI azonban egyéb lényeges információkat is nyújtani tud, mint például a tumor távolságát a kerületi resectiós szélétől (CRM), és a vénás képletek tumoros invázióját a muscularis proprián túl (EMVI). Ezeket a kiegészítő adatokat fel kell tüntetni a leletben.

Több tanulmány is bizonyította a strukturált jelentések hasznosságát végbélrákban [8-10], ennek következtében sok sablon elérhető online. A diagnózis ideális esetben egy strukturált jelentés alapján kell történni, mint a saját strukturált sémánk (SR) a rektális karcinómák elsődleges stadializálásához (lásd a fejezet végén található függelékben), melyet intézményünkben használunk. (www.radiologie-kaufbeuren.de).

A jelentésnek tartalmaznia kell mind a tumor megjelenését (pl. ulceratív növekedés), mind az anustól való minimális távolságot. Ezenkívül jelenteni kell a tumor craniocaudális kiterjedését és a tumor helyzeti viszonyát a peritoneális redővel. Továbbá jelenteni kell a karcinóma sugarát a bél falban a lithotomiás pozíció (SSL) alapján, hogy a muscularis propria beszűrt-e, vagy hogy van-e már extramurális növekedés.

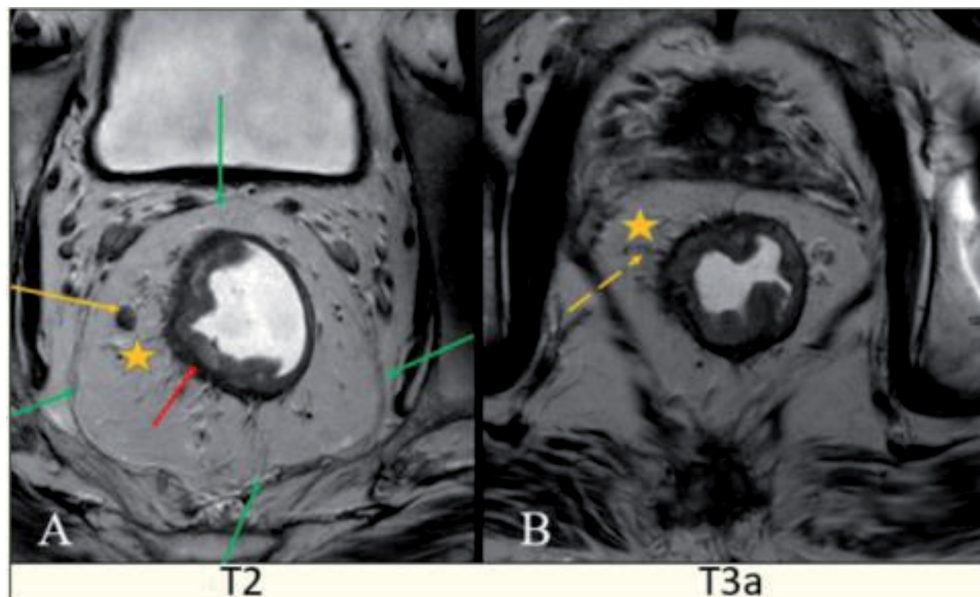
5.1 T-stádium

A végbélrák stadializálása a TNM (tumor, nyirokcsomók, metasztázisok) rendszeren alapul. Jelen esetben egy **T1** stádiumú betegség túlhalad a mucosán és submucosán, de nem szűri be a muscularis propriát.

T2 stádiumú (5A. ábra) betegség esetén a muscularis propria is érintett.

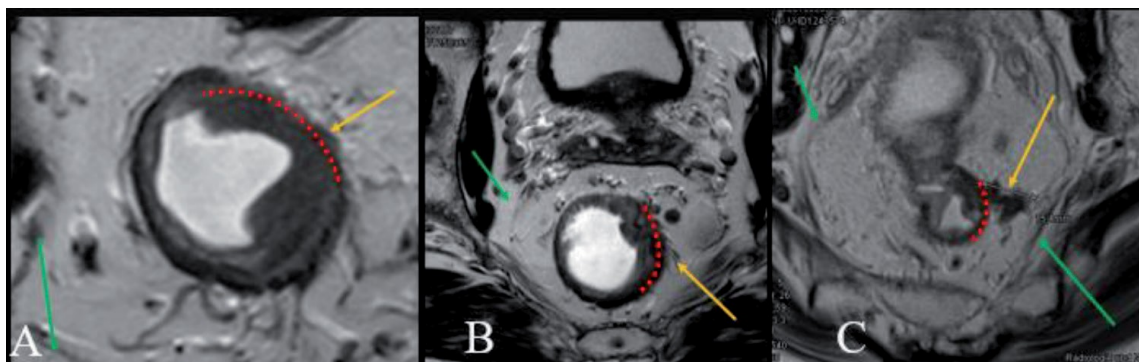
Az előrehaladottabb **T3** stádiumban (**5B, 6 és 7-es ábrák**) a daganat beszűri a muscularis propriát és meghaladva ezt a mesorectumba jut. Ez a stádium továbbá a, b, c és d alstádiumokba van osztva az extramurális invázió mélységének függvényében, a következő képpen: $< 1\text{mm} = \text{T3a}$; $1\text{-}5\text{mm} = \text{T3b}$; $5\text{-}15\text{mm} = \text{T3c}$, $> 15\text{mm} = \text{T3d}$ (**6. és 7. ábra**).

Az utolsó, negyedik stádium is két alstádiumra van osztva. **T4a** esetében a tumor eléri a viscerális peritoneumot vagy az elülső peritoneális redőt, míg **T4b** esetében a daganat már legalább egy szomszédos szervet is beszűr.



5. ábra.

A. Paraaxiális T2W képeken egy olyan rektális tumort látható, amely beszűri a muscularis propriát (piros nyíl) de nem hatol túl ennek külső szélén. Figyeljük meg a vékony nyúlványokat a mesorectum fele (sárga csillag) és a szabálytalan, heterogén nyirokcsomót hasonló jel erősséggel, mint a tumor (sárga nyíl), mely esetleges nyirokcsomó invázióra utal. Diagnózis: T2, N1, CRM-, EMVI-, melyet igazolt a hisztológia (T2 tumor desmoplasziás reakcióval és nyirokcsomó áttétellel). B. T3a stádiumú rektális tumor. Figyeljük meg a hasonlóságot az A ábrával: tumor nyúlványok (sárga nyíl) melyek a mesorectális zsírba hatolnak (sárga csillag). Forrás: F. Bauer, Radiológia Kaufbeuren.

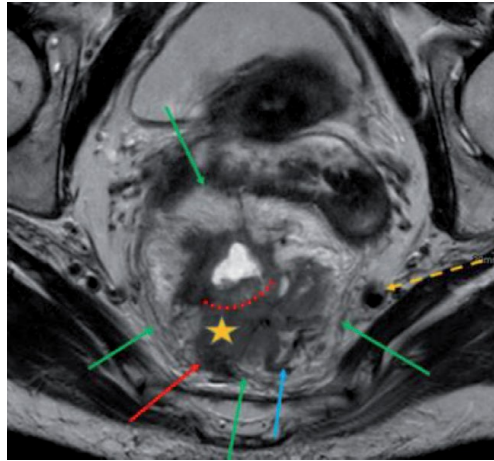


6. ábra.

Rövid tengelyes, nagy térbeli felbontású T2w képek a T3 tumorok különböző alstádiumairól extramurális terjedéssel (nyíl): A. T3a ($< 1\text{ mm}$), B. T3b ($1\text{-}5\text{ mm}$), C. T3c ($> 5\text{-}15\text{ mm}$). Jelölések: mesorectális érintettség (sárga nyíl), muscularis propria (piros szaggatott vonal) és CRM = FMR (zöld nyíl).

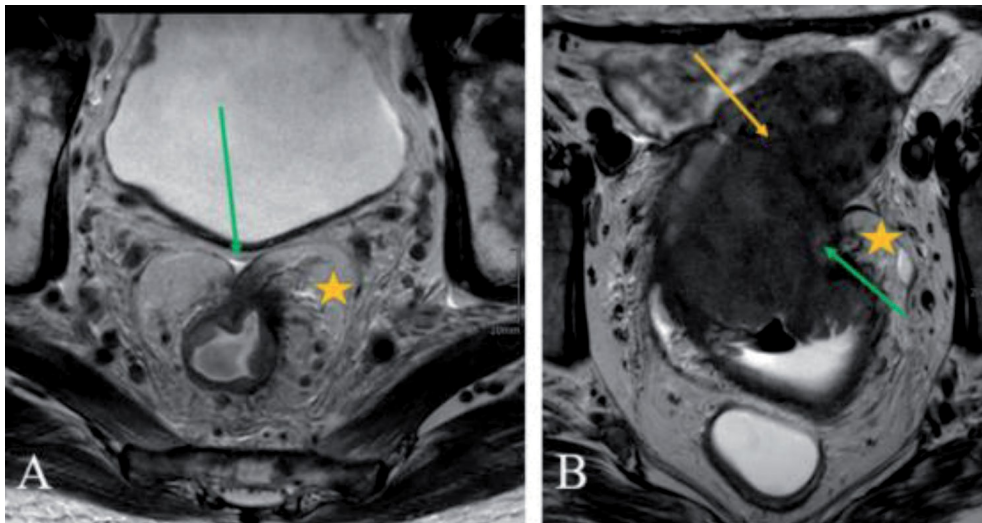
Forrás:

F. Bauer, Radiológia Kaufbeuren.



7. ábra.

Az Axiális T2w szeleten végbél daganat a következő stádiumban (sárga csillag): T3d (>15 mm), CRM+, EMVI+, N1). Az extramurális terjedést a feltételezett muscularis propria (piros szaggatott vonal) szintjétől a mezorectális érintettség legtávolabbi pontjáig (piros nyíl) méri. Figyeljük meg a vénás struktúrák invázióját (EMVI, kék nyíl) és az extramesorectális áttétes nyirokcsomót (sárga nyíl). Ez a nyirokcsomócsoporthoz nincs eltávolítva egy standard TME-ben! CRM = FMR (zöld nyíl). Forrás: F. Bauer, Radiológia Kaufbeuren.



8. ábra.

A. A T4a stádiumú tumorok érintik a viscerális peritoneumot vagy a peritoneális reflexiót (zöld nyíl). B. T4b stádiumú tumor, mely érint egy szomszédos szervet, a méhet (sárga nyíl), valamint a mesorectumot (sárga csillag) Forrás: F. Bauer, Radiológia Kaufbeuren.

Számos kórszövettani tanulmány kimutatta, hogy az 5 mm-nél mélyebb mezorectális invázióval rendelkező T3 tumorok 5 éves túlélési aránya körülbelül 54% [11]. Ezzel szemben az 5 mm-es vagy annál kisebb átmérőjű daganatok esetében a rák specifikus túlélés meghaladja a 85%-ot [12, 13]. Ezért rendkívül fontos, hogy részletesen jelentsük az extramurális terjedés mélységét a pontos **T3a, b, c** vagy **d** alstádiumokkal. Az átlagos pontossága a T stadializálásnak egy kismencedei "phase-array" tekercset használva 59% és 95% között van [12, 13]. A T2 jelintenzitás különbségei a tumor, submucosa, izomréteg és a mesorectum között játszik a fő szerepet a végbélrák azonosításában és stadializálásában.

A T stádiumot a tumorra szigorúan merőleges síkokon kell mérni. Helytelen vizsgálati sík a muscularis propria elmosódásához vezethet mely overstaginghez vezethet. Ha a daganat nem látható a sagittalis T2w szekvencián: magas felbontású képeket készíthetünk a rectum teljes hosszában és DWI-t is végezhetünk, ez segíthet lokalizálni a daganatot. Az extramurális szórás mélységét miliméterben kell mérni a longitudinális izomréteg külső szélétől kezdve (**5, 6 és 7-es ábra**).

Al-Sukhni és mtsai. [9] közzé tették egy metaanalízist (21 tanulmány 2000 és 2011 között) az MRI diagnosztikai pontosságáról, és a T-stádium értékelésében 87%-os szenzitivitást és 75%-os specificitást állapítottak meg.

5.1.1 A T-stadiálizálás kihívásai

A T2 és a borderline T3 elváltozások közötti különbségtétel még ma is kihívást jelent. A fő probléma az, hogy megkülönböztessük az igazi mezorectális tumorinváziót a desmoplasztikus reakcióktól [14]. Ebben az esetben a gyulladásos reakció a szomszédos mezorectális zsírban elfedi a tumor tényleges kiterjedését. Kiváltképp a mesorectumban lévő vékony spikulációkra kell odafigyelni - ha ezeket tévesen tumornak ítéljük meg (T2 helyett T3) "overstaging" történhet, túlzott terápiával.

Az egyik gyakori hibaforrás a vastagabb szeletek és alacsonyabb felbontású technikák használata. Ezért T2WI vékony szeletek használata segíthet letisztázni ezeket az eseteket. Valóban, a fekélyes tumorokhoz kapcsolódó desmoplázia az inváziós szélénél vékony, alacsony intenzitású nyúlványokként jelennek meg. Ezen spikulumok nem mutatnak korlátolt diffúziót. Egy tumor kiterjedése a mesorectumba ezzel szemben, vastagabb, köztes jelintenzitású noduláris sávokként mutatkoznak, csökkent diffúzióval és a muscularis propria megszakításával. [15].

Terápiás szempontból a T2 és T3a, b stádiumok közötti különbségtétel nem fontos, mivel ezeknek a lézióknak a kezelése azonos: teljes mezorectális excízió (TME) vagy rövid távú radiokemoterápia majd TME.

5.1.2 Az alacsonyan fekvő tumorok által felvetett problémák

Az alacsony rektális daganatok esetében nagyobb az esélye pozitív resectió szélnek, helyi recidívának és rövidebb a túlélési idő [16]. Ez nagyrészt a helyi anatómiának köszönhető és annak, hogy ezen a szinten a mezorectális burok összeszűkül. Ezek az arányok javíthatók radiokemoterápia alkalmazásával a helyileg kiterjedt, alacsony fekvésű rektális daganatok esetében. Az eredmények jó választ mutatnak magasabb záróizom megőrzési arányokkal és betegségmentes túléléssel [15]. Ennek következtében egy tumor, amely abdominoperineális resectiót igényelt volna kezelhető nagyon alacsony resectióval és coloanális anastomózzal.

Tapasztalatunk azt mutatja, hogy főleg az alacsony fekvésű tumorok esetében viszonylag gyakran változik meg az elsődleges sebészi koncepció radiokemoterápia és újrastadiálizálás után. Ennek következtében tumorok, melyek radiokemoterápia előtt abdominoperineális excíziót igényeltek, ez után nagyon alacsony resectió és coloanális anastomózzal is megoldhatók lettek.

Mindezek nagyon jó minőségű MRI-t igényelnek, hogy pontosan meghatározzák a tumor helyét a záróizmokhoz képest, hogy helyesen válasszuk ki azokat a betegeket, akik számára hasznos a műtét előtti radiokemoterápia.

Az anális csatorna felméréséhez a T1 zsír-elnyomós szekvenciák kontrasztanyaggal jobbak a T2 szekvenciáknál, mivel a m. levator ani és m. sphincter ani externus rendszeren megkülönböztethető a m. sphincter ani internától köszönhetően a jelintenzitásuknak és telődési tulajdonságaiknak.

A rektális karcinóma általában alacsony jelintenzitású a normális bélfalhoz és a szfinkterekhez képest. A **T3 stádium** a külső záróizom beszívargását jelenti. **T4 stádiumban** a tumor beszűri a m. levator anit. Voltaképpen, amint a rektális karcinóma áthalad a mezorectális fascián és beszűri a viscerális peritoneumot, a diagnózis egy T4-es daganat. Itt meg kell különböztetni, hogy a szomszédos

szerveket (hüvely, méh, petefészkek, prosztatata, ondóhólyagok, húgyhólyag és ureter) eléri-e a tumor (T4b), vagy csak a viscerális peritoneum (T4a) infiltrált **(8A és B ábra)**. A tumor érintkezése környező szervekkel (anélkül, hogy lenne egy megmaradt zsír réteg a szerv körül) automatikusan T4-es beosztást jelent az eredményben, még akkor is ha utólag szövettanon az adhézio csak peritumorális gyulladásnak mutatkozik.

Tippek az alacsonyan fekvő daganatok T stadializálásához:

- Választott protokoll: Magas térbeli felbontású T2 és kontrasztos T1FS szekvenciák, mert optimálisan ábrázolják a tumor viszonyát a levator és puborectalis izmokkal, záróizom komplexummal és az interszfinkterikus síkkal. (**1A és B ábra**).
- Először a tumor alsó szélének helyét kell meghatározni a m. puborectális képest:
 - a. Ha a tumor a puborectális heveder felett helyezkedik el: a záróizom érintettsége könnyen kizárható.
 - b. Ha a tumor a puborectális heveder alá terjed, 3 területet kell felmérni és jelenteni, **1B és C ábra** (lásd a strukturált jelentés függelékét):
 1. Belső záróizom (IAS)
 2. Az intersphinctericus sík (ISP)
 3. Külső záróizom (EAS)
- T4 stádium esetében: érintettek a levator és puborectalis izmok vagy a külső záróizom.

5.2 Mezorektális fascia (MRF) = kerületi resectiós szél (CRM)

A preoperatív helyi stadializálás egy központi eleme, a tumor távolságának meghatározása a mesorektális fasciától és így a kerületi resectiós széltől. A CRM érintettsége egy fontos prognosztikai mutató a helyi recidívák kialakulására [5].

A rektum MRI alapú sebészetében szándékosan ekvivalens fogalmakként kezeljük az mesorektális fasciát és a kerületi resectiós szélt a multidiszciplináris gyűléseken, mely az elején a fogalmak tisztázását igényelte. Mindeközben ez a vita letisztázódott tekintve a következő sebészeti és anatómiai feltételeket.

A CRM egy non-peritoneális sebészeti resectiós sík, melyet műtét közben preparálnak és nincs direkt anatómiai megfelelője MR-en, mivel a sebész határozza ezt meg műtét közben. Gyakorlatban viszont a sebész az MRF alapján orientálja magát, így az MRF a legfontosabb preoperatív anatómiai tájékozódási pont. Ennek megfelelően, a viscerális peritoneum és a peritoneális reflexió nem része a CRM-nek, mivel ezeket a sebész nem tudja befolyásolni. Következésképpen a CRM csak a rektum alsó harmadában körkörös és így erősen függ az adott rektális szakasz magasságától, mivel a középső harmadban a rectumot elülről már a peritoneum fedi és a CRM csak oldalról és hátulról létezik. A végbél felső harmadában a CRM csak dorsálisan van jelen, mivel a rektum túlnyomórészt intraperitoneális ebben a magasságban. A rektális karcinóma és a kerületi resectiós szél közötti távolság a lokális recidíva legfontosabb kockázati tényezője, így különös figyelmet érdemel.

A CRM akkor tekinthető pozitívnak (MRI-vel becsült vágási szél pozitivitás), ha a rektális karcinóma és a mezorectális fascia közötti távolság 1 mm vagy annál kisebb (= CRM pozitivitás), lásd **7. ábra**.

Ezért az MRF-től való minimális távolságot miliméterben kell megadnunk ezekben a leletekben. Nincs konszenzus az extramurális vaszkuláris vagy nyirokcsomó beszűrtség értékelésében, ha ezek közelebb állnak az MRF-hez, mint az elsődleges tumor. Klinikánkon az egyértelmű nyirokcsomó-áttéteket és extramurális vaszkuláris infiltrációt CRM pozitív kritériumoknak tartjuk, ha ezek távolsága az MRF-től 1 mm vagy kevesebb.

A végbél alsó harmada anatómiai helyzete miatt különös kihívást jelent a CRM értékelése szempontjából. Ezért elengedhetetlen a jó minőségű képek készítése és a síkok pontos angulációja az anális csatornához képest. A mesorectális fascia a rektum alsó harmadában egybeolvad a m. levator ani-val és a szfinkter komplexum felső szélénél ér véget. A CRM pozitivitás ebben az esetben a sebészi eljárástól függ. Ebben az összefüggésben az interszfinkterikus zsír réteg egy fontos anatómiai viszonyítási pont a m. levator ani mellett. Ha a m. sphincter ani internus beszűrt, de a távolság a tumor és az interszfinkterikus zsír réteg vagy a m. levator ani között nagyobb, mint 1 mm, akkor a CRM egy interszfinkterikus resectióhoz negatív. Másrészt, ha a zsír réteg vagy a m. levator ani beszűrtek, akkor egy bővített resectiót kell végezni, különben CRM pozitivitás lépne fel.

5.3 Extramurális vénás invázió (EMVI)

EMVI alatt a nagyobb erek, általában vénák, tumoros beszűrtségét értjük a muscularis propria közelségében. Fontos kritériumot jelent az egyéni prognózis szempontjából, mivel a pozitív EMVI jelentősen gyakrabban vezet helyi tumor kiújuláshoz és metasztázisokhoz (helyi és távoli). Az áttét valószínűsége a beszűrt edény kaliberével nő, míg a 3 mm-nél nagyobb erek esetében jelentősen megnő a metasztázisok valószínűsége. Másrészt a kisebb ereket nehéz megkülönböztetni a nyirokerektől, amelyek valamivel jobb prognózissal rendelkeznek. Ez a különbségtétel még szövettani vizsgálat esetében is nehéz, ahol speciális festéssel érhető el. Az EMVI legalább T3 stádiumot jelent, mivel folytatódásként terjed és a tumor invázióját képviseli a muscularis proprián keresztül.

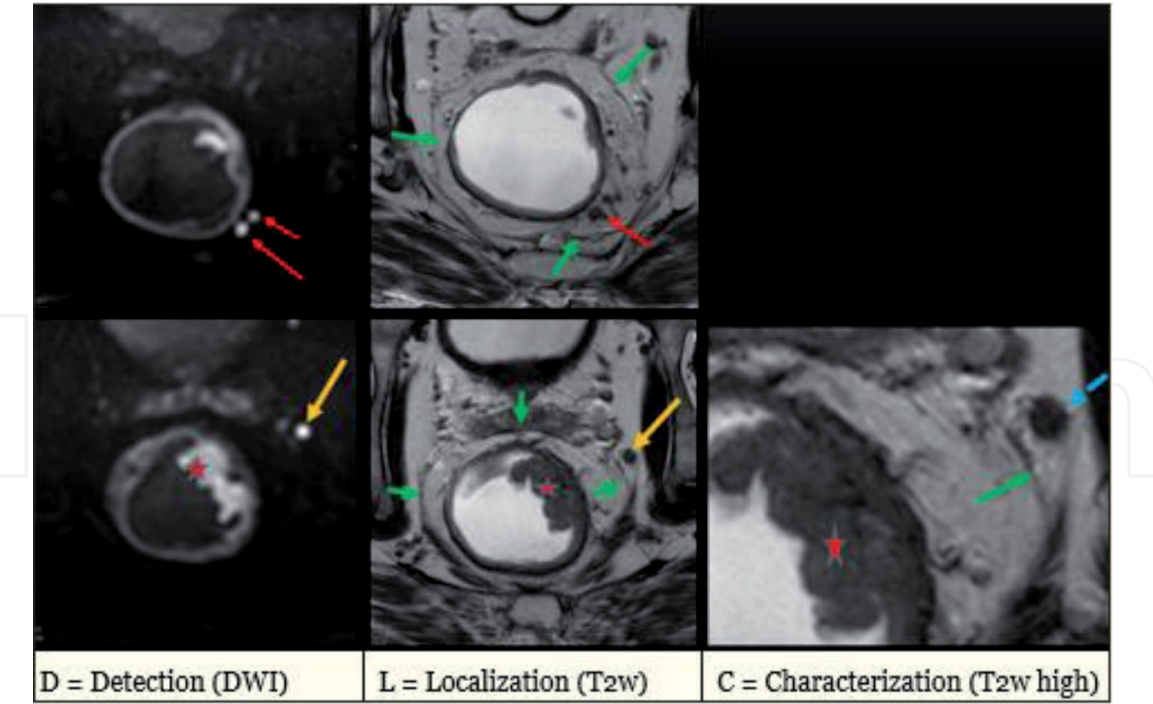
Az MRI növekvő érzékenységet mutatott az EMVI kimutatására a 3T-s rendszerek egyre gyakoribb használatával. A beszívargás sokkal könnyebben kimutatható egy nagyobb felbontásban, ahol egy intravaszkuláris tömegként jelenik meg, amelynek ugyanolyan T2 jelintenzitása van, mint az elsődleges tumornak. Ugyanakkor nem észlelhető flow jel az erekben (**7. ábra**).

A Smith és Brown által 2008-ban ajánlott MRI-EMVI pontszám-rendszer nem volt praktikus számunkra, és a 3T-s berendezések növekvő használatával egyre sikeresebbek vagyunk a vaszkuláris beszűrődés közvetlen kimutatására.

5.4 Nyirokcsomó stadializálás

Minden radiológiai képalkotó eljárás, beleértve az MRI-t is, korlátozott érzékenységgel és specifikussággal rendelkezik a nyirokcsomó-metasztázis értékelésében, de ezt az eredményt jelentősen javíthatjuk a DLC-rendszer következetes alkalmazásával, a **9. ábrán** ábrázolva.

D - Detection – a nyirokcsomó észlelése axiális DWI szekvencián (nycs. száma), lásd 1. táblázat;



9. ábra.
Nycs. stadializálás a DLC rendszer használatával. D = Észlelés DWI használatával, L = Lokalizáció T2 használatával, és C = Jellemzés nagy felbontású, 3 T-s rendszerekkel. Piros nyíl: intramesorectális csomók. Sárga nyíl: extramesorectális csomók. Zöld nyíl: fascia mesorectalis (CRM). Kék szaggatott nyíl: jellemzés (inhomogenitás, kerek-ovális nyúlványokkal). Piros csillag: tumor. Forrás: F. Bauer, Radiológia Kaufbeuren.

Osztály	tolmácsolás
Nx	Nyirokcsomók nem felmérhetőek
N0	Nincs érintett regionális nyirokcsomó
N1	
a	1 érintett regionális nyirokcsomó
b	2-3 érintett regionális nyirokcsomó
c	Nincs érintett regionális nyirokcsomó, de tumorlerakódás észlelhető a subserosában, mesenteriumban vagy peritoneumon kívüli pericolicus, perirectális vagy mesorectális szövetekben
N2	
a	4-6 regionális nyirokcsomó érintett
b	>= 7 érintett nyirokcsomó

1. táblázat.
Bővített N-besorolás a végbélrákban.

L – A nyirokcsomók lokalizációja (az intra- és extra-mesorectális nycs. száma) magas felbontású multiplanáris T2 szekvenciákon, 3T-s rendszerekkel (axiális, coronális és sagittális síkokon);

C – Jellemzés nagy felbontású T2 szekvenciákon, 3T-s rendszereken: tumor mérete mm-ben, és a morfológiai kritériumok, mint például inhomogenitás, kerek-ovális forma nyúlványokkal, stb.

Ezzel a rendszerrel minden terápiás szempontból releváns kérdésre választ tudunk adni. Ezen túlmenően, a 3T-s gépek jelentősen javítottak a felbontáson. Tapasztalataink azt mutatják, hogy sok, korábban kerek és sima nycs. nyúlványokkal rendelkező magas felbontású képeken, ami a malignitás egyértelmű kritériuma. Ezt az összefüggést a lokális elváltozások és felbontás

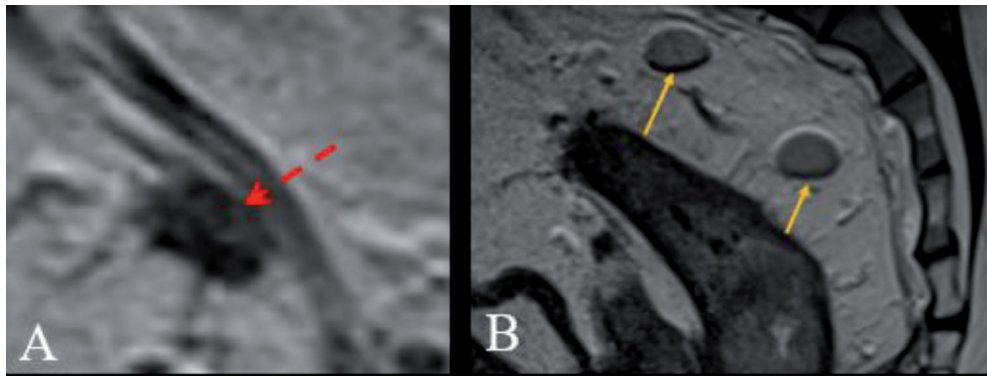


Figure 10.

Azonos méretű (4 mm) nyirokcsomók, teljesen eltérő morfológiával. A. Nyirokcsomó metasztázis egy rectális rákban szenvedő betegnél. Figyeljük meg a malignus nyirokcsomók tipikus képét: inhomogén jel; szabálytalan kontúr tüskékkel (piros nyíl). B. Jóindulatú (reaktív) csomók (nyilak), amelyeket homogén jel és jól körülírt kontúr jellemeznek, egy anális fistula háttérében (nincs daganat!). Forrás: F. Bauer, Radiológia Kaufbeuren.

között korábban már láttuk mammográfiában. A nyirokcsomók morfológiájának helyes meghatározásához a kulcs a magas felbontású képek készítése. Jelenleg a nyirokcsomók morfológiája egyre fontosabb kezd lenni, mint ezek mérete.

A mezorectális zsírszövet egyedülálló és kiváló lehetőséget kínál a nyirokcsomók egyértelmű behatárolására. A jelgazdag zsírszövetben (világos) a jelszegény nyirokcsomók (sötét) kiválóan körülhatárolhatóak és jellemezhetők (lásd a **10. ábrát**). Sajnálatos, hogy nincs ez az egyedülálló helyzet mindenütt a hasüregben!

Általánosságban elmondható, hogy nincs probléma az 5 mm-nél nagyobb nyirokcsomók jellemzésével a tumor közelében vagy ettől proximálisan, ezek általában pozitívak. Csak a 4 mm-nél kisebb nyirokcsomók jelentenek számunkra problémát, melyek, mint tudjuk, mikrometasztázisokat rejthetnek. Ez esetben a magas felbontás és a 3T-s gépek adhatnak értékes segítséget, ábrázolva a **10. ábrán**.

Tumor gyűléseinken a nyirokcsomók lokalizációjára összpontosítunk, mert rendkívül fontos a potenciálisan rosszindulatú extramesorectális nyirokcsomók jelenlétének felmérése. Míg az intramesorectális nyirokcsomókat standard módon eltávolítják TME során, az extramesorectális/obturator nyirokcsomók általában kimaradnak. Ha az utóbbiak rosszindulatú tulajdonságokat mutatnak MR-en, a sebészeti eljárás D3 lymphadenectomiás eltávolításra változhat eltávolítva az extramesorectális nyirokcsomókat (a sebési stratégia függvényében).

Javasoljuk a strukturált jelentési sémákat (lásd a függelékben) a rectális daganatok elsődleges MR stadialisálásához. Ez a jelentés magába foglal minden terápiás és diagnosztikai szempontból fontos kérdést.

A nycs. áttéteket preoperatíven kell azonosítani és jellemezni, mivel létfontosságúak a sebészeti eljárás megtervezéséhez, prognózishoz és az adjuváns/neoadjuváns radiokemoterápia alkalmazásának eldöntéséhez.

6. MRI és az újabb 3D technológia

Mint az élet minden területén, a tudás és tapasztalat a kulcs a technológia alkalmazásához. Az egyik ilyen új technológia, melyet érdemes alkalmazni a "nagy felbontású 3D-s képkalkotás". Talán még azt is megváltoztathatja, hogy a jövőben, hogyan végzünk MR vizsgálatokat.

A 3D-s képkalkotás ellentétben azzal, amit a neve sugall, nem a képek térbeli megjelenítését jelenti, hanem képek generálását 3 dimenziós adatkészletekből.

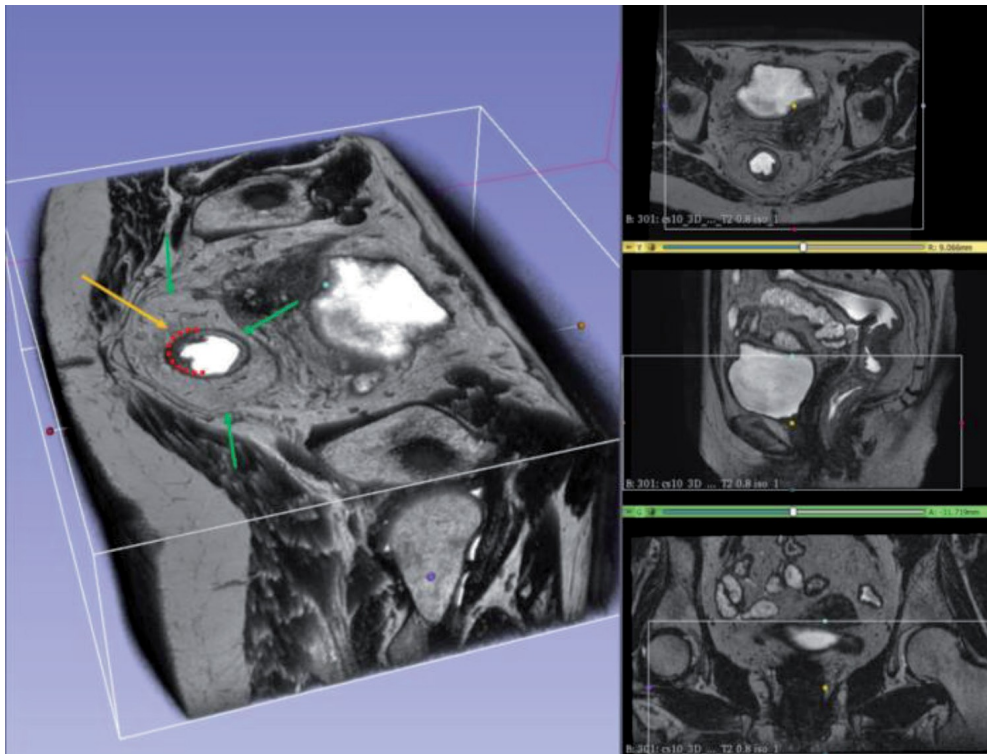
Ez utóbbi hatékony megoldást jelent az oktató sebészeti osztályok egyik legnagyobb kihívására: fiatal sebészek gyakorlati képzése a tanulási görbe betegekre való negatív hatása nélkül.

2019 óta az MR-rel dolgozó radiológusok rendkívül gyors és magas felbontású 3D adathalmazokkal dolgoznak. Ezek még a legkisebb elváltozásokat is láthatóvá teszik, és lehetővé teszik ezek megtekintését több perspektívából is. Az "izotróp felbontás" (kevesebb, mint 1 mm) biztosítja a tumor jellemzőinek, valamint a környezettel és a szomszédos szervekkel való viszonyának kiváló megjelenítését – a lehető legrövidebb idő alatt. Az érdekelt sebészeti terület gyakran akár 5 perc alatt is leszkennelhető, ami időt takarít meg és csökkenti a mozgási műtermékeket. A "3D nagy felbontású tömörített SENSE kismedencei program" átalakítja a rétegelt 2D-s méréseket egyetlen 3D-s térfogat vizsgálattá (11.ábra), síkról síkra. Könnyedén lehetővé teszi a 3D-s izotrópikus térfogat adatok újraformátálását 0.5 mm alatt is bármelyik síkban, hézagok nélkül ugyanabban a felbontásban, mint a natív síké. A magas jel-zaj arányú, ultra vékony 3D térfogat lehetővé teszi a legapróbb elváltozások megjelenítését is a részleges térfogat átlagoló hatás nélkül. Továbbá könnyebben válnak láthatóvá azok a szöveti struktúrák, melyeket ferde szögekben lehet legjobban vizsgálni.

Az új, önkalibráló technika párhuzamos képalkotással és tömörített szkenneléssel jelentősen felgyorsítja az MRI vizsgálatot. Eredményképpen a vizsgálati időket 50%-al le lehet rövidíteni, a konvencionális "tömörített SENSE" nélküli vizsgálatokhoz képest – mindezt miközben kiváló szöveti kontrasztot nyújt.

A 3D-s képalkotás előnye a sebészi és radioterápiás tervezésben egyértelmű: multiplanáris képek kiváló lágyszöveti kontraszttal. Ez lehetővé teszi a tumor és az egészséges szövetek pontos elhatárolását, ami döntő fontosságú a radiokemoterápia megtervezéséhez.

Továbbá nyomon követés során, például radiokemoterápia után, a tumor anatómiai és biológiai változásai jobban láthatóak, így jobban lehet ezekhez alkalmazkodni a kezelési tervvel.



11. ábra.

A.A kismedence 3D-s térfogatban folyamatos, 1 mm-mél vékonyabb, izotróp 3D-s adatkészlete könnyen leképezhető bármilyen síkra anélkül, hogy a felbontásból veszítenénk. A magas jel-zaj arányú, ultravékony szeletek segítséget nyújthatnak a legapróbb és legfinomabb elváltozásokat is, részleges térfogat átlagoló hatás nélkül megjeleníteni Forrás: F.Bauer, radiológia, Kaufbeuren.

Saját tapasztalataink azt mutatják, hogy a magas felbontású 3D egyértelmű előnyökkel bír a mesorectális fascia értékelésében. A 3D térfogat vizsgálat lehetővé teszi az MRF/CRM nagyon tiszta és zökkenőmentes megjelenítését bármely kívánt szinten – még kritikus területeken is, például ventrálsan vagy az átmeneti zóna körül, ahol nagyon kevés vagy egyáltalán nincs zsírszövet.

Egy másik előny, amit látunk az arbitrer angulációk használata (a tumor szntjéhez adaptálva) valós időben, mely megenged bármely kedvezőtlen 2D angulációt ellenőrizni és szükség esetén kijavítani.

Jelenlegi eredményeink ellentmondanak saját régebbi tapasztalatainknak, valamint a 3D MRI megbízhatóságára vonatkozó szakirodalomban található általános nézőpontnak. Az új technológia nagyon stabil és gyorsan implementálható, ha rendelkezésre áll egy 3T-s rendszer a legújabb hardwarrel és softwarrel felszerelve. **A lokalizáció** minden bizonnyal fontos szerepet játszik ebben. A kismedencében nincsenek légzési vagy pulzációs melléktermékek és a bélmozgás könnyen csökkenthető Buscopannal. Természetesen nem állnak rendelkezésünkre mindezen kedvező körülmények a parenchymás felhasi szervek területén. Csak ösztönözni tudok mindenkit, akinek 3T-s rendszer rendelkezésére áll, hogy hozzáadja ezt a mérést a standard protokolljához.

A sebészeti osztály különösen nagyra értékelte ezt a 3 dimenziós, kiváló minőségű, többsíkú, valós idejű képalkotást. Mi, radiológusok, különösen örülünk, hogy a tumor helyes ortogonális betájolása nagyon pontosan és most valós időben, de visszamenőlegesen elvégezhető. A múltban a helytelen anguláció gyakran téves leletekhez vezetett, melyek túl- vagy alulértékelték a távolságot a mesorectális fasciától. Ha a szövettannal megegyező méréseket szeretnénk kapni, ezeknek rendkívül pontosaknak kell lenniük. További előnyt látunk az erősen ívelt tumorokban vagy a kettős carcinomákban, ahol többszörös anguláció szükséges a pontos axiális síkokhoz. Most már ezeket az átalakításokat egyetlen 3D-s adatkészletből le tudjuk képezni. Nem látunk valódi érvet a medence 3D-s térfogatomérése ellen, amely kiegészíti a jelenlegi standard protokollt egyetlen 5 perces méréssel.

7.Egyéb képalkotási módszerek

7.1MRI vs. CT

CT vizsgálat nem ajánlott a végbélrák lokális stadializálásához.

Az MRI döntő előnye a CT-vel szemben az, hogy sokkal jobban mutatja a tumor morfológiáját és topográfiai kapcsolatát a mesorectum határvonalával és a szomszédos struktúrákkal (prosztata, ondóhólyag, hüvely, méh, keresztcsont és farokcsont, valamint a húgyhólyag és a záróizom készülék). Amint azt fentebb mutattuk, a tumor és a szomszédos struktúrák kapcsolata ugyanolyan fontos, mint a TNM osztályozási rendszer [17, 18]. Ezenkívül a CT nyirokcsomó-előrejelzési pontossága alacsonyabb, mint az MRI-é.

A távoli metasztázisok kimutatására azonban jelenleg kontrasztos CT (CECT) a választott módszer köszönhetően a könnyű hozzáférésnek és alátámasztva a jelenlegi guidelineok által [19]. A legtöbb esetben a mellkas és a has együttes vizsgálatából áll, ami egy rutin protokoll mind a műtét előtt, mind a nyomon követéshez.

7.2 MRI vs. PET-CT

Nem használunk rutin szerűen PET-CT-t központunkban az elsődleges stadializáláshoz, sem a radiokemoterápia utáni újradializáláshoz, mivel a teljes remisszió sokkal jobban értékelhető MRI-vel.

Valójában, bár a PET-CT fel tudja mérni a tumor választ, nem tudja meghatározni a teljes remisszió jelenlétét.

A PET-CT-t azonban bizonyos esetekben használjuk a magas CEA-értékek hátterében lévő metasztázis kimutatására és értékelésére.

73 MRI vs. EUS

A rektális daganatok kimutatására, jellemzésére és stadializálására az MRI-t tartják a választott módszernek az endoszkópos ultrahang (EUS) mellett, mely néhány előnnyel bír, főleg a korai T1 és T2 tumorok esetében. Sugárterhelés nélkül tesz lehetővé kiváló lágyszöveti képalkotást és lehetőséget nyújt multiplanáris felvételek nyelésére és rekonstrukciójára mely a jelenlegi standard rectális tumorok preoperatív képalkotásához [20].

Jelenleg az MRI egyre inkább felváltja az EUS-t a végbélrák lokális stadializálásában. Mindkét módszer egyenértékű a tumor muscularis proprián való túlterjedésének kimutatásában (T2 vs T3). Az MRI azonban több előnnyel bír az EUS-hoz képest a lokálisan kifejtett rectális daganatok (LARC) esetében, mert jobban körülírja a lézió méretét, morfológiáját, tumor széleket és más hasznos részletet a sebészi tervezéshez. Ez a módszer továbbá lehetőséget nyújt fontos tulajdonságok jellemzésére, melyek befolyásolhatják a terápiás döntéseket, mint például a tumor közelsége a mesorectális fasciához, extramurális vasculáris invázió jelenléte (EMVI), extramesorectális nyirokcsomók jelenléte és a peritoneum/elülső peritoneális reflexió érintettsége valamint az R0 resectio lehetőségének felmérése.

Ezek közül sok tulajdonságot nehéz vizsgálni vagy meghaladják az EUS célját. Ezen előnyök miatt az MRI lett a végbélrák elsődleges stadializálási módszere, különösen egy interdiszciplináris megközelítés részeként [15].

74 Endorectális szonográfia (ERUS) és jelentősége az MDT tumor gyűlésen

Klinikánkon gasztroenterológus kollégáink rutinszerűen alkalmazzák az ERUS-t a rektális karcinóma preoperatív lokális diagnózisára és az újradstadializálására. Ez után az így nyert képeket a kolposzkópiai képekkel együtt feltöltik a PACS rendszerbe, hogy a kapott információ elérhető legyen a teljes érintett személyzetnek, beleértve a radiológusokat is. A vizsgálati protokoll jól meghatározott: klinikai vizsgálat először, majd kolposzkópia biopsziával, majd ERUS. A vizsgálatssorozat után, és a szövettani lelet kézbesítése után MRI-t végzünk. A végén közösen megbeszéljük az eredményeket minden érintett osztállyal az MDT tumor konferencián.

Az ERUS különösen alkalmas a kis méretű T1, T2, T3 daganatok preoperatív diagnózisára. Az ERUS nehézségekkel küzd azonban a nagy daganatok esetében, különösen, ha azok magas helyzetűek vagy stenotizáló karcinómák; hasonlóképpen, a korlátozott FOV (field of view) a nagy T3 és T4 daganatoknál súrolják az ERUS határait – ez esetekben jobb az MR. A legtöbb téves diagnózis MR-rel a T1 és T2 daganatok közötti különbségtételnél történik, amikor a submucosa nem jelenik meg megfelelően. Következésképpen az ERUS némileg jobb az alacsony helyzetű daganatok preoperatív diagnózisához, mint az MRI.

A mezorectális fascia (MRF) jellemzése továbbra is az MRI területe; különösen neoadjuváns rkt. után, az endosonográfia nem tudja felmérni a tumor távolságát a potenciális CRM-től és nem eléggé szenzitív/specifikus az elsődleges tumor leírásához.

Az ERUS-t és az MRI-t nem egymással versengő eljárásoknak, hanem kiegészítő képalkotási módszereknek kell tekinteni. Ezenkívül figyelembe kell vennünk, hogy különösen az endorectális ultrahang esetében, meredek tanulási görbe van, amely valószínűleg hozzájárul az ERUS alacsonyabb általános pontosságához a nagy, több centrumú tanulmányokban. Egy tapasztalt vizsgáló kezében azonban az ERUS költséghatékony és megbízható módszernek bizonyult a végbélrák preoperatív diagnózisára.

8. Képalkotási módszerek újradializáláshoz

Képalkotó intézetünkben ez elmúlt öt évben (2015-2020) 135 végbél daganatos beteget vizsgáltunk MRI-vel (4 db 1,5T-s és 2 db 3T-s gép).

Az első két évben szinte kizárólag elsődleges diagnózisokat végeztünk, az újradializálás kérdését mellőztük. Ez egyrészt a sebészeinknek köszönhető, akik nem akarták újragondolni az eredeti műtéti tervet a rkt. befejezése után; másrészt ez nekünk volt köszönhető, mert még mindig nagyon elfoglaltak voltunk kiváló minőségű MRI diagnózisok felállításával. Amikor a képalkotási eredményeink megegyeztek a szövettanéval, végre megfelelő elismerést kaptunk. Ehhez hosszú tanulási görbére volt szükség. Ma az újradializálás ugyanannyira kötelező intézményünkben, mint a preoperatív MR diagnosztika. Ez egy nagyon igényes vizsgálat és csak akkor működhet, ha az elsődleges stadializálás is konstansul jó minőségű. Legkésőbb ezen a ponton a standard protokollba iktatott DWI is kifizetődik.

Az újradializálás közben összevetjük a neoadjuváns radiokemoterápia előtti és utáni MR képeket az elsődleges stadializálás összes pontjában. Ehhez a posztterápiás képalkotás közel azonos paramétereket és szinteket igényel. A legfontosabb pontok ebben a szakaszban a tumor helyzete, kiterjedése és jelintenzitása. Ezeket a tulajdonságokat összehasonlítjuk a nrkt. előtti és utáni MRI képeken. Ügyelünk arra is, hogy a döntő diffúziós súlyozott képek miatt mindig ugyanazzal a készülékkel kerüljön sor az újradializálásra vagy a nyomon követésre. Mint már említettük, a különböző gépek (pl. Siemens vs. Philips) különböző diffúziós értéket nyújtanak, amelyek nem mindig összehasonlíthatók.

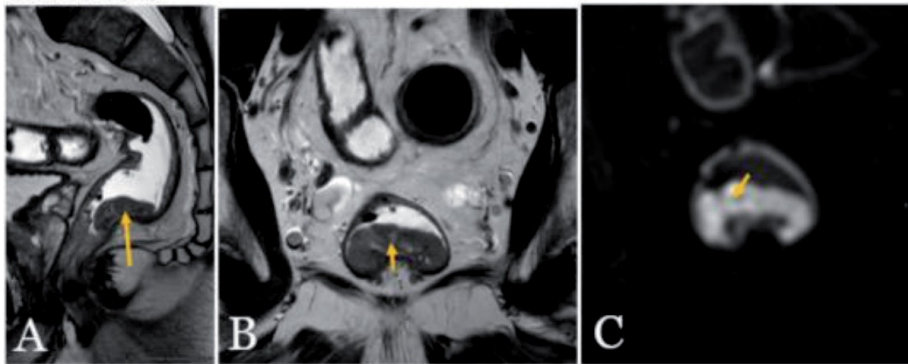
Az újradializálás nem kezdőknek való, hosszú tanulási görbét igényel, hasonlóan a mamma vagy a prosztatata mágneses rezonanciájához. A jó teljesítmény eléréséhez legalább 50 szövettanilag megerősített eset/vizsgálat szükséges.

Az újradializálás nehézségei nyilvánvalóak: a neoadjuváns terápia mélyreható változásokhoz vezet a tumorszövetben és a környező struktúrákban, mint például a kiterjedt fibrózis, a mély sztóma érése, fal vastagodás, jellegzetes izom átrendeződés, tumor nekrosis, meszesedés és gyulladásos infiltráció. Eredményképpen a diagnosztikai pontosság jelentősen csökken újradializálás során. Ennek megfelelően, a tumor lokális kiterjedése alá- vagy túlbecsült lehet.

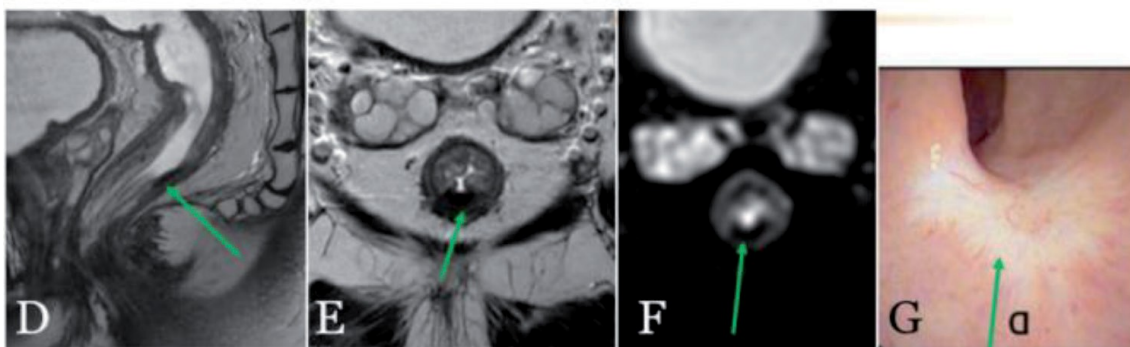
Ezek a kihívások legjobban diffúziós MR-rel kezelhetők. A klinikai vizsgálatok pontossága endorektális ultrahanggal (EUS), computer tomográfiával (CT) és 18F-FDG pozitron emissziós CT-vel (18F-FDG-PET/CT) nagyon alacsony a mesorektális invázió és a nycs. metastázisok felmérésére, ezért ezeket klinikánkon nem használjuk önmagukban újradializálásra.

A mi újradializálási stratégiánk magába foglal digitális-rektális vizsgálatot, EUS/endoszkópiát és végül DWI-t. Mindig odafigyelünk, hogy ez legyen a vizsgálati sorrend. Ez az, ahol a multidiszciplináris megbeszélés, melyet sebészek, gansztroenterológusok és radiológusok alkotnak, különös szerepet játszik (**12. ábra**). A lényeges képeket bevezetik a PACS rendszerbe és

Before RCT



After RCT



12. ábra.

Terápiás válasz kiértékelése T2 MRI, DWI és EUS segítségével. Rkt. előtti képek egy T2 végbél daganatot mutatnak (sárga nyíl) alacsony vagy mérsékelt T2 jellel (A, B) és magas jellel DWI-n. C- Eredmény: N0, EMVI-, CRM-. Poszt rkt. kép teljes remissziót mutat, mrTRG-1(tumor regression grade) stádium. Figyeljük meg, hogy a tumor teljesen visszafejlődött és fibrózissal lett helyettesítve (zöld nyilak, melyek fibrotikus fal megvastagodást mutatnak tumor maradványokra utaló jel nélkül) D, E, F. Nincs fokális magas jelintenzitás DWI-n és nincs diffúzió gátlás F. G EUS egy tipikus endoluminális fehér heget mutat. Eredmény: ypT0, ypN0, yEMVI-, CRM-. Terápiás stratégia: „watch-and wait”, a tumor újra megjelenése nélkül a következő 2.8 évben. Forrás: F. Bauer, Radiology kaufereuren

mindenki számára elérhetőek. Amikor a radiológus elkezdi az újradializálást, ezek a fontos vizsgálatok már mindenki számára elérhetőek.

Betegeink közel 90%-a megkapta a végbél alsó és középső harmadában lévő adenokarcinómák nemzetközileg ajánlott kezelését, T3, T4 és/vagy cN+ stádiumban és neoadjuváns radiokemoterápiát (nrkt).

Az általánosan ismert megállapítások mellett, mint a helyi tumor recidíva arányának csökkenése és a tumor mentes intervallum meghosszabbítása, még próbáljuk azonosítani azokat a betegcsoportokat, akiknek előnye származna egy konzervatív kezelési stratégiából. A sebészi közösség kezdetben nagyon tartózkodó volt a “watch-and-wait” stratégiával szemben. Valójában, nagy pontosságú MRI vizsgálatot igényel a teljes remisszióval (CR: ypToN0) rendelkező betegek azonosítása. A megbízható diagnosztika előfeltétele a saját tapasztalat, a jó interdiszciplináris együttműködés és az összes diagnosztikai vizsgálat kiértékelése.

A rkt. referenciaszabványa a kórszövetten vagy a 12 hónapot meghaladó recidíva mentes intervallum volt a "watch-and-wait" megközelítésekben. Hosszú tanulási görbe után diagnosztikai pontosságunk folyamatosan javult. Az esetek körülbelül 24%-ban (33 beteg) teljes választ tudtunk kimutatni, itt érdekes módon néhány betegnél abba kellett hagyni a kemoterápiát szív mellékhatások miatt. Szinte az összes rkt.-t kapó beteg kezdeti stádiuma egy T2 és/vagy T3a, b vagy c tumor volt. A 2 éves követési időszak alatt láttuk, hogy szinte mindig megjelent egy kevés fibrózis a bélfalra korlátozva és ez a fibrózis változatlan maradt a további kezelés során. Ha a rkt. után teljes remisszió következett be, a betegek nagy százaléka tumor mentes maradt.

Az újrastadializálás kiváltképp nehéz marad a kezdetektől előrehaladott daganatoknál, mint T3d CRM+ vagy T4 stádiumok esetében. Itt a megbízható diagnózist nehezíti a tumorágy hipointenzív fibrózis tömege és a szabálytalan fibrotikus tömeg, vagy fal vastagodás szabálytalan és spikulált szélekkel. Ezekben az esetekben sebészi resectió, legtöbbször TME ajánlott. Alacsony helyzetű végbél daganatok esetén fel kell mérni az anális csatornát is.

Valójában a szabványosított protokollunknak a következő műtéti kérdésekre kell válaszolnia:

- Vannak élő tumormaradványok a fibrózisban?
- A tumor a végbélfalra korlátozódik?
- A mezorectális fascia (CRM) tumormentes?
- Még mindig vannak áttétes nyirokcsomók?
- A daganat visszahúzódott az anális csatornából?

Néhány esetben tapasztaltuk, hogy a daganat visszahúzódott az anális csatornából így lehetőség nyílt szfinkter megtartó műtetre és egy mesterséges sztóma nélküli életre.

A nyirokcsomók újrastadializálása gyakran meglepően egyszerűnek bizonyult. Az esetek túlnyomó többségében, ahol nagyon jó, vagy jó válasz volt rkt.-ra a mesorectumban a nyirokcsomók teljes remissziója volt látható. Néhány esetben a kiterjedt fibrózisnak köszönhetően nehéz megítélni a nyirokcsomók morfológiáját az inhomogenitások és nyúlványok tekintetében. Ilyen esetekben a nyirokcsomók méretének jelentős csökkenését használjuk az értékeléshez. Következésképpen, mi negatívnak a kicsi, csillag alakú, 3 mm-nél kisebb nyirokcsomókat tartjuk. Ezeket a nyirokcsomókat azonban különösen szorosan kell figyelemmel kísérni a nyomon követés során.

A rkt. befejezése után az újrastadializálást 6-8 hét múlva végeztük. Bizonytalan esetekben, amikor szinte teljes remissziót gynyítottunk, egy további vizsgálatot ajánlottunk 4 hét múlva, mert a tartós gyulladásos reakció és/vagy a tumor rövid távú metabolizmus csökkenése pontatlan eredményeket okozhat.

Az MR diagnosztika és különösen az újrastadializálás sikerének kulcsa a morfológiai T2 képkalkotás egyedülálló kombinációja in vivo funkcionális (diffúziós súlyozott mérések, DWI) képkalkotással. A nagy felbontású T2 képkalkotás nagyon pontosan képes felismerni a fibrózis mértékét és a mucoid degenerációt a fibrózison belül. Csak a diffúziós súlyozott képek tudják felmérni, hogy van-e jelen életképes tumor szövet a fibrózison belül és csak az MR képes kombinálni funkcionális és morfológiai képkalkotást egységesen, egyetlen vizsgálatban mindössze 25 perc alatt (**12. ábra**). Talán segíthet a mondat ezt megjegyezni: a diffúziós MR a "szegény ember PET-CT-je". Létezik egy másik funkcionális MRI módszer, ez a DCE-MRI (Dynamic Contrast Enhanced), amit nagyon jól ismerünk a prosztatata diagnosztikából. Mi is kísérletezünk ezekkel a szekvenciákkal. Bár itt a prosztatata diagnosztikában szerzett tapasztalatainkat alkalmaztuk, jelenleg nem ajánljuk ezt a vizsgálatot rutinszerűen végezni.

A tumor méretének rögzítésére figyelni kell újrastadializálás során és gyenge terápiás válasz esetén. A tumor méretének csökkenése hatékonyan mérhető 3D MR térfogatméréssel, és jó korrelációt mutat az ypT stádiummal a neoadjuváns terápia után [21].

Osztály	Válasz	MRI megállapítás
mrTRG-1	Teljes válasz	Nincs tumor jel, sem relapszusnak nyoma.
mrTRG-2	Jó válasz	Sűrű fibrózis, nincs kimutatható tumor jel.
mrTRG-3	Mérsékelt válasz	>50% fibrózis vagy mucin szigetek; kimutatható tumor jel.
mrTRG-4	Rossz válasz	Túlsúlyban van a tumor jel a fibrózis vagy mucin szigetekhez képest.
mrTRG-5	Nincs válasz	Nincs változás a tumor jelben terápia után.

2. Táblázat

MRI alapú tumor regressziós stádiumok.

Kóros vizsgálat során egy jó terápiás válasz a tumor több, mint 70%-os térfogat csökkenését jelenti nrkt. után és hosszabb betegség mentes intervallummal jár. [21]. Ezenkívül a 75%-ot meghaladó térfogat csökkenés jelentősen összefügg teljes szövettani válasszal (pCR-rel) [21, 23]. Az mrTRG alkalmazható a rektális karcinómák kezelésre adott válaszának hatékony felmérésére. Ez a besorolás egyszerű, hatékony és gyakorlatias. Tapasztalataink szerint egy jó megegyezés a szövettannal minimális képzéssel is elérhető. Ismételten, a hangsúly a jól reagálók azonosításán van (lásd a tumorregressziós stádiumok táblázatát).

9. Következtetés

A mágneses rezonancia képalkotás kulcsfontosságú szerepet tölt be a végbél rák kezelésének megtervezésében, mivel nem csak a daganat lokális kiterjedését és anatómiai viszonyát mutatja meg a környező struktúrákkal, hanem releváns információval szolgál a prognózis megállapításához és így közvetlenül befolyásolja az optimális terápiás procedúrák kiválasztását, személyre szabottan minden betegre.

Az MRI teljes potenciáljának kiaknázásához a T stádiumon és a T3 alstádiumokon kívül a következőket szintén jelenten kell:

- a cirkumferenciális resectiós szélről való távolság (CRM)
- az extramurális vaszkuláris infiltráció (EMVI) jelenléte, és
- a nyirokcsomók állapota figyelembe véve az MRI metodológiai limitációit

Az endoszkópia (EUS) egy nagyon fontos kiegészítő módszer, különösen a T1 és T2 tumorok megkülönböztetésére. Egy mellkas és hasi CT szükséges az áttétek azonosítására. A PET-CT nem játszik jelentős szerepet az elsődleges lokális stadializálásban és újrastadializálásban. Ebben az összefüggésben a radiológus szakértelme fontos szerepet játszik, különösen a nehezebb újrastadializálásban. Mindenkit arra biztatunk, hogy használják a 3D-s volumetriás technikákat a standard protokollaikban, mert ez az új módszer egyre nagyobb szerepet tölt be a precíz, preoperatív sebészi tervezésben.

Mivel napjainkban számos terápiás lehetőség van a rectális rák kezelésére nemzetközi szabvánnyá vált, hogy minden beteg leleteit preoperatív egy multidisziplináris csapat tárgyalja meg. Ez az eljárás biztosítja, hogy a beteg érdekében, szükség szerint, minden terápiás lehetőség figyelembe legyen véve.

Függelék



STRUCTURED REPORT (PRIMARY STAGE RECTAL CARCINOMA)

Local tumour status

Location ☐ upper rectum ☐ middle rectum ☐ lower rectum ☐ anal canal

Morphology ☐ Solid-polypoid
☐ Solid-(semi)annular: from to o'clock
☐ Mucinous: from to o'clock

Distance from the annorectal junction to the lower pole of the tumour: cm

Tumour length: cm

T-stage ☐ T1-2 → Rectal wall - The tumour is limited at muscularis propria
☐ T3 → ☐ T3 a,b (≤ 5 mm invasion of perirectal fat tissue)
☐ T3 b,c (> 5 mm invasion of perirectal fat tissue)
☐ T4 → ☐ Prostate ☐ Uretra ☐ Uterus ☐ Ureter
☐ Seminal vesicles ☐ Vagina ☐ Sacrum (level) ☐ Others:

Sphincter invasion: ☐ No
☐ Internal sphincter only
☐ + intersphincteric plane
☐ + external sphincter } ☐ upper ☐ middle ☐ distal 1/3 of anal canal

Mesorectal fascia (and peritoneal) involvement → Only fill in when stage ≥ T3

Shortest distance between tumour and MRF: mm → CRM - ☐ free (>2 mm)
CRM + ☐ threatened/involved (≤2 mm)

Location of the shortest distance between tumour and MRF: o'clock

Relation to anterior peritoneal reflection: ☐ below (MRF invasion)
☐ at or above

Lymph nodes and tumour deposits

N-stage ☐ N0 ☐ N+

Total number of lymph nodes:

Number of suspicious lymph nodes: (..... mesorectal nodes; extramesorectal nodes)
..... nodes with short axis diameter ≥ 9 mm
..... nodes with short axis diameter 5-8 mm AND at least 2 morphologic criteria*
..... nodes with short axis diameter <5 mm AND all 3 morphologic criteria*
*N.B. Morphologic criteria:[1] round shape, [2] irregular border, [3] heterogenous signal

Are there any tumour deposits within the mesorectum: ☐ No
☐ Yes, (number of deposits)

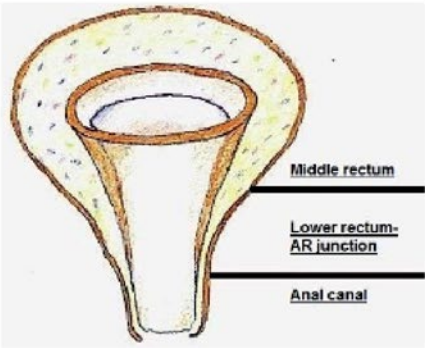
Extramural venous invasion ☐ No
EMVI ☐ Yes, from to o'clock

Conclusion

T Stage ☐ T1 ☐ T2
☐ T3a,b ☐ T3c,d
☐ T4a ☐ T4b

N Stage ☐ N0 ☐ N+ no.

☐ Free CRM ☐ Involved CRM ☐ Positive EMVI ☐ Negative EMVI



Szerzői elérhetőségek

Ferdinánd Bauer

KLF Radiologie und Nuklearmedizin, Kaufbeuren, Németország

*Levelezési elérhetőség: ferdinand.bauer@radiologie-kaufbeuren.de

IntechOpen

© 2020 The Author(s). Licensee IntechOpen. This chapter is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Hivatkozások

- [1] NAPRC (2020) Commision on Cancer. National Accreditation Program for Rectal Cancer. Optimal Resources for Rectal Cancer Care. 2020 Standards Am Coll Surg pp. 1-60. <https://www.facs.org/quality-programs/cancer/naprc/standards/2020>
- [2] Bauer F (2016) The Importance of Preoperative Staging of Rectal Cancer Using utliparametric MRI Part II: TNM Cancer Staging. *Chirurgia* Vol. 111(6): 463-475
- [3] Fritsch H, Lienemann A, Brenner E et al (2004) Clinical anatomy of the pelvic floor. *Adv Anat Embryol Cell Biol* 175:1-64
- [4] Laghi A, Iafrate F, Paolantonio P et al (2002) Magnetic resonance imaging of the anal canal using high resolution sequences and phased array coil: visualization of anal sphincter complex. *Radiol Med* 103:353-9
- [5] Iafrate F, Laghi A, Paolantonio P et al (2006) Pre-operative staging of rectal cancer with MR imaging: correlation with surgical and histopathologic findings. *Radiographics* 26:701-714
- [6] McCawley N, Clancy C, O'Neill BD, Deasy J, McNamara DA, Burke JP (2016) Mucinous Rectal Adenocarcinoma Is Associated with a Poor Response to Neoadjuvant Chemoradiotherapy: A Systematic Review and Meta-analysis. *Dis Colon Rectum* 59: 1200-1208
- [7] Schäfer AO, Langer M, Baumann T (2012) Bedeutung der Schnittbildverfahren für das Staging des Rektumkarzinoms [The role of crosssectional imaging in staging of rectal cancer]. *Chirurg*. 83(5):439-447
- [8] Taylor FG, Quirke P, Heald RJ et al (2011) MERCURY study group. One millimetre is the safe cut-off for magnetic resonance imaging prediction of surgical margin status in rectal cancer. *Br J Surg* 98(6):872-879
- [9] Al-Sukhni E, Milot L, Fruitman M et al. (2012) Diagnostic accuracy of MRI for assessment of T category, lymph node metastases, and circumferential resection margin involvement in patients with rectal cancer: a systematic review and meta-analysis. *Ann Surg Oncol* 19(7):2212-2223
- [10] Beets Tan RG, Lambregts DM, Maas M et al (2018) Magnetic resonance imaging for clinical management of rectal cancer: Updated recommendations from the 2016 European Society of Gastrointestinal and Abdominal Radiology (ESGAR) consensus meeting, *Eur Radiol* 28(4): 1465-1475.
- [11] Rao SX, Zeng MS, Xu JM et al (2007) Assessment of T staging and mesorectal fascia status using highresolution MRI in rectal cancer with rectal distention. *World J Gastroenterol* 13:4141-4146
- [12] Maas M, Lambregts DM, Lahaye MJ et al (2012) T-staging of rectal cancer: accuracy of 3.0 Tesla MRI compared with 1.5 Tesla. *Abdom Imaging* 37:475-481
- [13] Smith N, Brown G (2008) Preoperative staging of rectal cancer. *Acta Oncol* 47: 20-31
- [14] Lambregts DM, Beets-Tan RG. Optimal imaging staging of rectal cancer. *EJC Suppl.* 2013;11(2):38-44. DOI: 10.1016/j.ejcsup.2013.07.031
- [15] Nougaret S, Jhaveri K, Kassam Z, Lall C, Kim DH (2019) Rectal cancer MR staging: pearls and pitfalls at baseline examination. *Abdom Radiol* 44:3536-3548
- [16] Shihab OC, Brown G, Daniels IR,

Heald RJ, Quirke P, Moran BJ (2010) *Patients with low rectal cancer treated by abdominoperineal excision have worse tumors and higher involved margin rates compared with patients treated by anterior resection. Dis Colon Rectum 53:53-56*

[17] Bernini A, Deen KL, Madoff RD et al (1996) *Preoperative adjuvant radiation with chemotherapy for rectal cancer: its impact on stage of disease and the role of endorectal ultrasound. Ann Surg Oncol 3(2):131-135*

[18] Gerard JP, Ayzac L, Coquard R et al (1996) *Endocavitary irradiation for early rectal carcinomas T1 (T2). A series of 101 patients treated with the Papillon's technique. Int J Radiat Oncol Biol Phys 34(4):775-783*

[19] *S3 Guideline colorectal cancer version 1.0 - June 2013 AWMF registry number: 021/0070L. http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/021_007OLI_S3_KRK_14062013.pdf.*

[20] Raghunathan G, Morteale KJ (2009) *MR imaging of anorectal neoplasms. Clin Gastroenterol Hepatol 7(4):379-388*

[21] Nougaret S, Reinhold C, Mikhael HW et al (2013) *The use of MR imaging in treatment planning for patients with rectal carcinoma: have you checked the "DISTANCE"? Radiology 268(2):330-344*

[22] Barbaro B, Fiorucci C, Tebala C et al (2009) *Locally advanced rectal cancer: MR imaging in prediction of response after preoperative chemotherapy and radiation therapy. Radiology 250(3):730-739*

[23] Kang JH, Kim YC, Kim H et al (2010) *Tumor volume changes assessed by three-dimensional magnetic resonance volumetry in rectal cancer patients after preoperative chemoradiation: the impact of the*