

# A KÉPALKOTÓ ELJÁRÁSOK LEHETŐSÉGEI DAGANATOKNÁL

Gődény Mária

PhD, Radiológiai Diagnosztikai Osztály, Országos Onkológiai Intézet  
godony.maria@oncol.hu

A radiodiagnosztika utóbbi években ugrás-szerűen megnőtt klinikai jelentősége egyrészt a rákbetegség incidenciájának növekedésével, másrészt az agresszív kemoterápia alkalmazásával függ össze, ami képalkotó módszerek kontrollja mellett történik. A technika rohamos fejlődésével a képalkotói diagnosztika egyre több fontos kérdésre ad pontos választ, azonban költsége egyre magasabb. Ahhoz, hogy megindokoljuk a beruházással és működéssel járó költségeket, kívánatos, hogy több szempontból analizáljuk a képalkotói módszerek alkalmazását, hatását a rákos megbetegedések kezelhetőségére.

Egy vizsgáló módszer akkor alkalmas a népesség meghatározott cél szerinti *szűrésére*, azaz egy klinikailag még tünetmentes daganat megtalálására, ha a módszer által nyújtott előnyök valamint a daganat potenciális kezelhetősége és költsége egyensúlyban vannak.

Klinikai tünetek esetén a daganatdiagnosztika első lépése a tumor megtalálása, *detektálása* és a *diagnózis* föllállítása. *Stádium meghatározás*kor a primer tumort és környezetét (T) analizáljuk, a regionális nyirokcsomóáttétek (N) régióit mérjük fel, és a távoli áttétek (M) kimutatására törekszünk. A *terápia hatékonyságának* értékelésekor a daganat méretének és szerkezetének változását kell terápiás válaszként értékelnünk. Terápia után *követéses kontrollvizsgálatok*

szükségesek, hogy az esetleg újra megjelenő vagy növekvő daganatot a lehető legkorábban kimutassuk, és újabb, aktuális stádiumot határozzunk meg (Bragg et al., 2002).

## *Képalkotó eljárások*

A képalkotó eljárások alkalmazása során különböző hullámhosszúságú és rezgésszámú elektromágneses sugárzást bocsátunk a testbe, majd a szervezetből kilépő jeleket feldolgozzuk, átvilágító emyőn, röntgenfilmen, detektor- és komputerrendszer segítségével, tévémonitoron képet alkotunk belőle. A réteg képalkotó digitális módszerek közül, az ultrahangvizsgálat (UH), a computer-tomográfia (CT), a mágneses rezonanciás vizsgálat (MR), valamint a szervezetbe juttatott izotóp sugárzásának értékelésén alapuló pozitronemissziós tomográfia (PET) kiváló lehetőségek a daganat korai kimutatásában, a stádium meghatározásában, a terápiás hatékonyság vizsgálatában, a beteg követésében, a recidívák (visszatérő tumorok) korai megtalálásában és pontosabb leírásában. Ezen módszerek elterjedésével a hagyományos röntgenvizsgálatok valamint az angiográfia diagnosztikus alkalmazása csökkent. (Gődény – Péter, 2002)

Napjainkban az onkológiai diagnosztika horizontját a képek digitális kiértékelése, archiválása, elektronikus továbbítása, a digitális konzultáció lehetőségei is kiszélesítik. A fejlődés az ún. filmnélküli radiológia felé vezet

(PACS – picture archiving and communication system). Az ún. CAD (computer assisted diagnosis) módszerek segítik a vizsgálatok értékelését, például emlő-, tüdőgócok megtalálását.

### *Hagyományos röntgenvizsgálat*

A hagyományos röntgenvizsgálat a háromdimenziós test kétdimenziós vetületét szolgáltatja, az egymás mögött elhelyezkedő szövetek sugárabszorpciós értékei összegeződnek a röntgenfelvételen, a fluoreszkáló emyőn vagy indirekt módon képerősítő és tévékamera rendszeren át a monitoron.

A legáltalánosabban alkalmazott hagyományos röntgenmódszer a szummációs mellkasfelvétel, melyen kedvező elhelyezkedés mellett 1 centiméteres tüdőgóc már jól látható, de a gátor (mediastinum) képleteinek analizésére a röntgenfelvétel kevésbé alkalmas, mivel általában csak 3 cm-nél nagyobb elváltozás az, ami tumor gyanúját kelti. Primer csonttumoromál a röntgenfelvétel érzékenysége és fajlagossága magas, áttétes csontdaganatnál alacsonyabb. Csontáttét (metasztázis) a röntgenfelvételen többnyire csak akkor vehető észre, ha mérete meghaladja az 1 cm-t. A röntgen mammográfia az emlők alapvizsgálata, korai rákot is kimutat, kiváló szűrőmódszernek tekinthető (Heywang-Kobrunner et al., 1997). A tápcsatorna belső felszínének megítélésére az endoszkópia mellett a kontrasztanyaggal készült röntgenvizsgálatot alkalmazzuk.

### *Digitális radiográfia*

A digitalizált radiográfia a röntgenfilm vagy az átvilágító emyő helyett olyan speciális lemezt használ, amelyről a test sugárabszorpciójával arányosan tárolt energiát leolvasó lézersugár szabadítja fel, majd a rendszer digitalizálja az adatokat és átalakítás után monitoron vagy filmen jeleníti meg. A priméren digitális radiográfia a testen áthaladó röntgensugarat intenzitásának megfelelően elektromos, majd

közvetlenül digitális jellé alakítja. A digitális adatokat könnyen lehet tárolni, és utólagos feldolgozásra alkalmasak.

### *Digitális képalkotó módszerek*

Az összes radiológiai képalkotó módszernél a kép keletkezése analóg adatgyűjtéssel történik, és az analóg jeleket (elektromos áram) digitalizáljuk. Az UH, CT és az MR képfelhasználásában a digitális jelátalakítás alapvetően meghatározó folyamat, emiatt ezeket tekintjük elsődlegesen digitális képalkotó módszereknek.

### *Ultrahang vizsgálat (UH)*

UH alkalmával a vizsgálatra kijelölt régióba hanghullámokat bocsátunk, melyek a testben továbbhaladva eltérő akusztikus keménységű szövetekkel találkoznak. Az UH nyaláb akusztikus határfelülethez érve a felületen részben áthalad, részben visszaverődik. Az orvosi diagnosztikában a visszaverődést és részben a szóródást detektáljuk. A máj, lép, vese és egyéb parenchymás szervek szerkezete a szóródás és az interferencia jelenség eredményeként jelenik meg. A vér áramlásának sebessége Doppler-vizsgálattal mérhető, az áramló vér Color Doppler- és Power Doppler-vizsgálattal ábrázolható. (Harkányi, 2001)

Az UH elsősorban a lágyrész elváltozások megítélésére szolgál, számos daganat felismerésében első vizsgálómódszerként javasolható. Csaknem minden szervünk vizsgálható ultrahanggal, kivéve a csont és a légtartó tüdő. Az egyes szervek daganatos betegségeit eltérő pontossággal lehet kimutatni, az UH elsődleges eljárás a máj, vese gócos betegségeiben.

Főleg gyermekek, fiatalok vizsgálatánál előnyös szempont, hogy nem-ionizáló sugárzás, mai ismereteink szerint nem fejt ki káros biológiai hatást. A költséghatékonyság nem elvethető megfontolás, mivel az ultrahangvizsgálat költsége jelentősen kisebb, mint az

egyéb radiológiai módszereké. A módszer korlátja, hogy nem ad átfogó képet, értékelése szubjektív, vizsgáló-függő, kevésbé standardizálható, mint a CT vagy az MR-vizsgálat.

A korszerű berendezések kiváló térbeli felbontást biztosítanak, nemcsak anatómiai ábrázolást, hanem a daganatos erek vizsgálatát is lehetővé teszik. A módszer érzékenysége folyamatosan növekszik, de specifitása nem változott lényegesen. Ez is indokolja, hogy daganatnál az esetek többségében az UH-t egyéb módszer is kövesse – CT, MR vagy vezérelt biopszia.

### *Komputertomográfia (CT)*

A CT olyan rétegfelvételi eljárás, amely a test keresztmetszetének szerkezetétől függő sugárabszorpciós értékeit az alkotók térbeli megoszlása szerint, mátrixkép formájában ábrázolja. A CT a hagyományos röntgenvizsgálatnál kisebb elváltozásokat (néhány millimétert) is kimutat. A sűrűségmérés révén az elváltozás szerkezetéről is vélemény adható. Jódot tartalmazó kontrasztanyag alkalmazása javítja a légyrész-felbontó képességet, könnyebbé teszi a kóros elváltozás elkülönítését. *Dinamikus CT* vizsgálatkor, gyors szkennelést alkalmazva, a kontrasztanyag-eloszlást az idő függvényében vizsgáljuk, a szerv vagy egy körülírt elváltozás erezttségéről nyerhetünk értékes adatokat.

A CT annak ellenére, hogy a biológiai negatív (ionizáló) röntgensugár abszorpcióján alapszik, jelenleg a legjobb tulajdonságokat egyesíti magában, vagyis gyors időbeli, nagy térbeli és jó légyrész-felbontása pontos képkalkotást biztosít, standardizálhatósága, reprodukálhatósága kitűnő. Ezen előnyös tulajdonságai révén a CT a daganatok vizsgálatában a diagnosztika alapmódszerévé vált, ma a leginkább használt képkalkotói módszer.

A hagyományos CT-nél külön-külön készülnek a szeletek. Az egyes szeletek között a beteg mozgása szakaszos. A *spirál vagy*

*helikális CT* esetében a mérési eredmények egy meghatározott test térfogat adatait mutatják, és nem marad ki információ. Mellkasi és hasi szervek vizsgálatára a spirál CT alkalmasabb, mivel az egy légvétel alatt készült mérés pontosabb, több és kisebb méretű elváltozás mutatható ki, mint konvencionális CT-vel. A spirál CT esetében, mivel a vizsgálati idő rövidebb, az intravénásan adott kontrasztanyag hatását tetszőleges fázisban tudjuk meghatározni, ez javítja a légyrészdaganatok értékelését. A spirál CT megjelenésével vált lehetővé a test háromdimenziójú (3-D) adatgyűjtése és feldolgozása. A priméren haránt síkú adatfelvétel mellett a volumetrikus adathalmazból számítógépes feldolgozással másodlagos rétegek, egyéb síkú ábrázolás is készíthető. A *CT angiográfia* az erősen kontrasztolt erek 3-D rekonstrukciós képe. A *virtuális endoszkópia* (sinoscopia, bronchosocopia, colonoscopia) a 3-D adatok számítógépes rekonstrukciójával a tápcsatorna, légutak belső felületeit az endoszkóphoz hasonlóan jeleníti meg.

Az utóbbi években a szimpla detektoros spirál CT (SDCT) után megjelent és elterjedt a *multidetektoros spirál CT (MDCT)*, mely a másodperc töredéke alatt készít egyszerre több szeletet, még gyorsabb kontrasztdinamikát és jobb térbeli ábrázolást nyújt. (Reiser, 2002)

### *Mágneses rezonancia (MR)*

Az emberi szövetek és sejtek mágneses rezonanciás vizsgálata a hidrogénatommagok vizsgálatára épül, a szervezetben lévő hidrogénatomok megoszlásáról és kötöttségi állapotáról ad tájékoztatást. Az MR kiváló szöveti kontrasztja és többsíkú ábrázolása a kóros elváltozás hatékonyabb elkülöníthetőségét teszi lehetővé. Az MR azokban az esetekben is hasznos, ha a CT vizsgálat kontrasztanyag-érzékenység vagy rossz vesefunkció miatt nem végezhető el. Ionizáló sugárzás nélküli vizsgálat, ismerete-

ink szerint káros biológiai hatás nélkül. Terhes nőknél, gyereknél sugárkímélés céljából is történhet MR vizsgálat, CT helyett.

Az MR korlátja, hogy a CT-hez viszonyítva költségesebb, a vizsgálati idő hosszabb, a módszer nehezebben elérhető. Egyes, a testbe került mágnesezhető fémek a beteg számára veszélyt jelenthetnek (például *pacemaker*; agyi aneurizma *clip*, *cochlearis* implantátum és régi típusú szívbillentyű), így azok a vizsgálatot ellenjavallják. Veszélyt nem jelentő fémeknél képet zavaró műtermékekkel számolhatunk. A daganatvizsgálatra előnyösebb nagy térerejű (1-1,5 Tesla) gépek többnyire zárt berendezések, és a betegek 4-6 %-ánál bezártságérzést okoznak.

A módszer előtt még hatalmas lehetőségek állnak. Folyamatosan javul a vizsgálat felbontása, a *magasabb térerejű (3T)* berendezések elterjedésével, gyorsabb mérésmódok és érzékenyebb antennák fejlesztésével. Már lehetőség van a teljes test MR vizsgálatára is, valamint már forgalomba került nagy térerejű, nyitott berendezés is. Az általánosan alkalmazott, extracelluláris térben halmozódó gadolíniumos kontrasztanyagok mellett a *szövetspecifikus kontrasztanyagok* (májsejt által kiválasztódó, Kupffer-sejtek által tárolt ún. RES-specifikus) a vizsgálat diagnosztikus felbontóképességét javítják.

*Dinamikus MR* vizsgálattal az intravénásan adott kontrasztanyag megjelenését, megoszlását a szövetekben az idő függvényében vizsgáljuk, leggyakrabban máj, emlő, kismedencei daganatok megítélésére, terápia utáni hegesedés, recidív tumor elkülönítésekor alkalmazzuk.

Az *MR-angiográfia (MRA)* részben átvette a katéteres angiográfia diagnosztikus szerepét, indikációja, pontossága a CT-angiográfiához hasonló. Az *MR-kolangio-pankreatográfia (MRCP)* kontrasztanyag adása nélkül ábrázolja az epeutakat valamint a hasnyálmirigy-vezetékét, mellette az ERCP (endoszkópos

retrográd kolangio-pankreatográfia) és PTC (perkután transzhepatikus kolangiográfia) terápiás feladatot lát el. Az *MR-myelográfia* a gericcsatorna szűkületét szemlélteti. Az *MR-limfográfia* vas-oxid tartalmú kontrasztanyag (ultra small part iron oxid – USPIO) intravénás alkalmazása mellett vizsgálja a nyirokcsomókat, a daganatos góc nem veszi fel a kontrasztanyagot. Az *MR-spektroszkópia (MRS)* biokémiai analízist végez, tumor-karakterisztikus regionális biokémiai státusz mér fel, fontos metabolikus folyamatokról informál. Példaként, prosztatákarcinómánál a citrát-, kolin- és creatininszint arányaiból következtet a szöveti rosszindulatúság fokára. Klinikai jelentősége a recidívák korai kimutatásában, a kezelés utáni hegesedés, a recidív tumor elkülönítésében, a terápia hatékonyságának követésében van. (Hulse – Carrington, 2004)

Az MR a központi idegrendszer optimális vizsgálati módszere, a gerincvelő megítélésére elsődlegesen alkalmazzuk. A mozgatórendszer, fej-nyak régió lágyrész-daganatainak ábrázolására az MR alkalmasabb eljárás, mint a CT. A has, főleg a máj és a kismedencei szervek megítélésében egyre növekszik az MR jelentősége. (Gődény, 2001a) A mellkasi szervek daganatainál az MR a CT leletet egészíti ki, valamint differenciál diagnosztikai célra alkalmazzuk (Gődény, 2001b).

#### *Nukleáris medicina, izotópvizsgálat*

Az izotóppal megjelölt speciális kémiai vegyület (radiofarmakon) különböző anyagcsere folyamatokba lép be, például csontanyagcserébe és funkcionális eltérésekről, áramlásviszonyokról is tájékoztat az aktivitás eloszlása alapján. A nukleáris diagnosztika feloldóképessége erősen elmarad a radiológiai módszerekétől, és a tünetek sokszor nem specifikusak. A módszer többnyire érzékenyen jelez bizonyos elváltozásokat, például csontképződést, de gyakran nem mondja meg, hogy milyen kórfolyamat hozta

létre, sőt azt sem, hogy biztosan kóros-e. Az élettani, degeneratív, gyulladásos vagy tumoros folyamatok megkülönböztetése sokszor csak egyéb vizsgálatok figyelembe vételével lehetséges. Csontáttét klinikai gyanújakor, amennyiben az izotópvizsgálat illetve a beteg fájdalmas régiójával korreláló röntgenfelvétel nem ad megfelelő eredményt, MR vagy CT vizsgálat végzendő. Az UH, CT és az MR számos vizsgálatot átvett a hagyományos izotóp diagnosztikától, így az agy, máj, eperendszer és lép vizsgálatait. A hagyományos diagnosztikában elsősorban a gammafotonokat kibocsátó izotópokat alkalmazzuk, mivel a képalkotás magas energiájú elektromágneses sugárzást igényel. A leggyakrabban alkalmazott detektor a gammakamera (szcintillációs kamera). Újabb és újabb farmakonok jelennek meg, keresik a tumorspecifikus anyagokat. Direkt tumor leképezéskor az alkalmazott radiofarmakon magában a daganatban halmozódik, „meleg” gócként jelentkezve a képen. Ha a kóros elváltozás nem veszi fel az izotópos vegyületet, de a környező ép szövet igen, akkor a góc „hideg” (indirekt tumor leképezés).

A hagyományos izotópmódszer rétegtechnikája a SPECT (single photon emission tomography), mely a rétegfelvételeket mozgó gammakamerákkal állítja elő.

#### *Pozitron emissziós tomográfia (PET)*

A PET olyan pozitront kibocsátó izotópokat alkalmaz ( $^{11}\text{C}$ ,  $^{13}\text{N}$ ,  $^{15}\text{O}$ ,  $^{18}\text{F}$ ), melyek fontos biokémiai folyamatok részei, illetve anyagcsere folyamatokban résztvevő farmakonokat jelöl izotóppal (például cukor-, aminosav-anyagcsere stb.). A PET magas specificitású funkcionális képalkotó módszer, a radiofarmakon a megnövekedett anyagcseréjű tumorszövetbe fokozottabban épül be, leggyakrabban a glükóz anyagcserét vizsgáljuk, és glükóz analóg farmakont (2-fluoro-2-deoxy-D-glucose – FDG) használunk. (Kálvin et al., 2002)

A PET érzékeny módszer a daganat megtalálásában, a terápia hatékonyságának mérésében, a metasztázis, recidív tumor kimutatásában, fontos szerepet játszik a műtét vagy sugárterápia után a kezelés következményeként kialakult hegesedés és a recidív daganat elkülönítésében is.

Költséghatékonyságot is analizáló felmérések szerint elsődlegesen agytumornál, tüdő- fej-nyak daganatnál, melanománál, emlőráknál, nyelőcső-, végbélráknál és limfómánál (a nyirokrendszer daganatainál) mutatták ki a PET alkalmazásának előnyeit. Ugyanakkor rávilágítottak arra, hogy gyulladásos szövetnél illetve terápia hatására is fokozott halmozás, azaz tumor szempontjából fals pozitívítás jöhet létre. (Husband – Reznak, 2004)

A módszer igen nagy jövő elé tekint, újabb és újabb jelzőanyagok (tracer) kerülnek alkalmazásra, melyekkel nemcsak a metabolikus folyamatokról, hanem a sejtburjánzásról, sejtmembrán áteresztő képességről, sejtpusztulásról és oxigén ellátottságról is információ szerezhető. A hipoxia a daganatterápia hatékonyságát csökkenti. A *hypoxia-imaging* (hipoxiát kimutató képalkotás) alkalmazásával meg lehet jósolni a terápia hatékonyságát.

A PET térbeli felbontása alacsony így az anatómiai képekkel történő fúzió szükséges ahhoz, hogy a kóros metabolikus aktivitás pontos helyét meghatározzuk. A PET/CT berendezés a két módszert egyszerre alkalmazza, ezáltal a PET érzékeny anyagcsereaktivitás-megjelenítése a CT pontos szkeletanatómiájával párosul. Az együttműködés hatása nemcsak additív, hanem szinergista is, a diagnosztika hatékonyságát tovább növelve. A PET indikációját 85–90%-ban a daganatok szolgáltatják.

A PET költséges módszer, jelenleg Magyarországon igen nehezen hozzáférhető vizsgálat (csak egy PET berendezés finanszírozott, az újonnan telepített két PET/CT vizsgálatainak költségtérítése még kérdéses),

így csak azokban az esetekben alkalmazzuk, ha olyan betegcsoportnál kell állást foglalnunk, melynél a metasztázis gyakran fordul elő, az elvégzett anatómiai vizsgálo módszerek állásfoglalása bizonytalan volt, és az áttét igazolása a terápia meghatározása szempontjából jelentős.

### *Intervencionális radiológia Angiográfia*

A digitális rétegeképalkotók elterjedésével az angiográfia alkalmazása és szerepe megváltozott, diagnosztikus céllal daganatos betegnél érfeltöltést csak akkor végzünk, ha a tervezendő műtét előtt a daganat erezettségéről, tápláló és szomszédos ereiről akarunk tájékozódni. Daganatoknál az angiográfia szerepe döntően terápiás, egyrészt a daganatos erek embolizálása, a daganat szelektív katéteres citosztatikus kezelése, másrészt a daganat által összenyomott, szűkített, normál szöveteket ellátó erek tágítása.

### *Képalkotók által vezérelt mintavétel, tumoreltávolítás*

A kérdéses elváltozásból átvilágítóemyő alatt, UH, CT vagy MR segítségével mintát tudunk venni, sejteket (aspirációs citológia) vagy szövethengert (core biopszia) nyerhetünk, így közvetve szövettani pontosságú diagnózishoz juthatunk. A CT által vezérelt biopszia sok esetben pontosabb és biztonságosabb, mint az átvilágítóemyő- vagy UH-vezérelt. MR-vezérelést egyébbel nem ábrázolódo lágyrésztumoroknál, megfelelő feltételek mellett végzik.

A képalkotók szerepet játszanak bizonyos tumor góccok hatástalanításában (percután tumorablatio), célzott alkoholos befecskendezéssel (PEI – percutaneous etanol injection), fagyasztásos módszerrel (CRYO) vagy a tumort koaguláló energia (radiófrekvenciás hullám, lézer) gócba juttatásával. A vezérlés UH-, CT- és MR-rel történhet. Főleg a máj daganatainak kezelésére terjedt el, de alkalmazzák egyéb szervnél (tüdő, vese,

csont, emlő) is. A fókuszált ultrahang (FUS) ép bőrön át, MR-vezérelten juttatja a terápiás energiát az eltávolítandó gócba.

### *Konklúzió*

A daganatok számos sejtoszláson mennek keresztül addigra, mire néhány milliméteres vagy akár már néhány centiméteres nagyságban a képalkotókkal felismerhetővé válhatnak. Az 1 cm-nél kisebb tumorok, az ún. csendes periódusban (silent interval) évekig növekedhetnek, és már a növekedésüket biztosító saját érellátás (angiogenezis) is megkezdődik náluk, mire felfedezésre kerülnek.

A képalkotó vizsgálo módszerek eredménye befolyásolja a terápia megválasztását. A téves diagnózis, a rosszul felbecsült stádium hátrányosan befolyásolja a beteg sorsát azáltal, hogy a terápia kijelölése nem megfelelően történik. Fontos annak meghatározása, hogy a daganatos elváltozás körülírt-e vagy sem, hiszen a lokalizált tumor ellátása elsődlegesen sebészi vagy sugárterápia. Mindenkor mérlegelendő a primer daganat nyirokregiója, érkeringéssel való kapcsolata, azaz az áttétképződés lehetőségei. A szétszóródott tumor ellátása alapvetően nem sebészi, hanem gyógyszeres kezelés. (Eckhardt, 1997; Kásler, 2001)

A képalkotó vizsgálo módszerek azáltal, hogy kimutatják a tumor méretét, tumoros invázió mélységét, környező szövetek érintettségét, a nyirokcsomók állapotát, valamint a távoli metasztázisokat, morfológiai prognosztikai faktorokat határoznak meg, jelentőssé vált a szerepük és a felelősségük is.

Stádiummeghatározó alapvizsgálatnak jelenleg a CT és az MR tekinthető. A daganat kimutatásakor, vizsgálatakor sokszor végzünk ultrahangvizsgálatot, mely megtalálja a daganatot, kiegészíti a stádiummeghatározást (például: felületi lágyrésztumorál, nyelőcső-, gyomor-, végbéldaganatnál), és analizáló részfeladattal is rendelkezik. A hagyományos röntgen, mellkas és tápcsatorna, valamint

csont vizsgálatait, néha alkalmasak egy elváltozás kimutatására, de a tumorstádium pontos meghatározására nem. A technikai fejlődés eredményeként előtérbe kerülnek a funkcionális képalkotó módszerek (izotóp-SPECT, PET, MRS), a metabolikus elváltozások megjelenítése. A metabolikus folyamatok megjelenítése a daganatok normálistól eltérő, különböző mértékben fokozott anyagcsere folyamatának detektálásán alapszik. A radioizotóp technikával a tumor metabolizmusa megjeleníthető, például csontmetasztázis vizsgálatakor a módszer a tumor stádiumát egészíti ki. A nukleáris medicina legnagyobb előrelépését a PET klinikai alkalmazása jelentette. PET vizsgálat, megfelelő kapacitás mellett, a CT vizsgálattal együtt jelentené a stádium meghatározás alapját, ezt támasztja alá a PET/CT berendezések nagyléptékű terjedése is.

A rákbetegség kezelésének követése a radiológia egyik legdinamikusabban fejlődő és növekvő területe. Olyan módszerekre van szükség, amely fel tudja mérni a terápia hatékonyságát abból a célból, hogy nem kielégítő terápia esetén minél hamarabb lehessen változtatni. A diagnosztika feladata, hogy kövesse a betegséget, és a nem aktív tumorszövetet a tumoros maradványtól elkülönítse. Feladata az is, hogy minél korábban kimutassa a visszanőtt daganatot, és újabb, pontos stádiumot határozzon meg.

A jövőbe tekintve, új lépésként az orvosi képalkotó módszerek az *in vitro* megközelítésről áttérnek az *in vivo* képalkotásra. Lehetővé válik, hogy a modern nagyítási technikákkal a mikroszkopikus, a genetikai vagy akár a sejtszinten zajló metabolikus elváltozásokat is képpé tudjuk alakítani, hogy meghatározzuk a tumor tulajdonságát és mikrokörnyezetét, beleértve a sejtek sűrűségét, direkt terjedésének módját. A közeljövőben a molekuláris vagy mikrosz-

kopikus képalkotók feladata lesz a folyamatok ábrázolása is.

A múlt század képalkotó módszerei a fizikai felfedezéseken alapultak, anatómiai információkat szolgáltatnak, statikus vagy dinamikus információt nyújtanak. Jelen század dinamikus fejlődő képalkotása funkcionális, molekuláris viszonyokat szándékozik megjeleníteni, biokémiai, molekuláris biológiai, genetikai alapokon a rák keletkezését, terjedését, és az ezzel kapcsolatos jelenségeket célozza meg. A molekuláris képalkotás tumor metabolizmust, tumor erek képződését, a sejtfal átteresztő képességét, a daganatos szövet oxigénnel való ellátottságát, a programozott sejthalált, sejtburjánzást, sejtingegritást vizsgál.

A dinamikus és a perfúziós CT és MR vizsgálat az angiogenezist jeleníti meg, és abból következtetünk a daganat természetére. A terápia sikerét jelezheti a daganat keringésének csökkenése, megszűnése, melyet a képalkotó módszerek jelezhetnek. Az MR és a PET fontos szerepet játszik a terápia utáni hegesedés és a visszatért daganat elkülönítésében.

A hatékony és korszerű onko-terápia és -diagnosztika multidiszciplináris kommunikáción alapul, a diagnosztikus és terápiás szakemberek szoros együttműködésén, szervezett konzultáción, ahol a rutinszerűen alkalmazott protokollok (Gődény, 2004) mellett az egyéni diagnosztikus és terápiás megbeszélésre is lehetőség van. A radiológus az onkoterápiás és diagnosztikus team tagja, feladata és felelőssége, hogy megfelelő képalkotói protokollt válasszon, megfelelő diagnosztikus módszert, metodikát és standard minőséget alkalmazzon.

---

Kulcsszavak: hagyományos röntgen, digitális radiológia, UH, CT, MR, PET, angiográfia, vezérelt biopszia

**IRODALOM**

- Bragg, David G. – Rubin, P. – Hricak, H. (2002). *Oncologic Imaging*. Saunders
- Eckhardt Sándor (1997): *Klinikai onkológia*. Medicina, Budapest
- Gődény Mária (2001a): Az MR szerepe a tumorok diagnosztikájában. LAM – (Lege Artis Medicinae). 11, 12–25.
- Gődény Mária (2001b): The Examination of Thoracic Metastases with Imaging Methods. In: Besznyák István (ed.) *Diagnosis and Surgery of Organ Metastases*. Hungarian Academy Publisher, Budapest
- Gődény Mária – Péter M. (2002): Képpalkotók a daganatok diagnosztikájában. In: Kopper László – Jeney András (eds.): *Onkológia a géntől a betegágyig*. Medicina, Budapest, 231–254.
- Gődény Mária – Kásler Miklós (2004): A képpalkotóvizsgáló módszerek alkalmazása daganatok esetében. „Javaslat a képpalkotók alkalmazásához”. *Magyar Onkológia*. 48, 167–190. <http://www.webio.hu/huon/2004/48/2/0167/0167a.pdf>
- Harkányi Zoltán – Morvay Zita (2001) *Ultraszonográfia*. Minerva, Budapest
- Husband, Janet – Reznick, Rodney H. (2004): *Imaging in Oncology*. Taylor&Francis, London
- Hulse, Paul A. – Carington, Bernadette M. (2004): *MRI Manual of Pelvic Cancer*. Martin Dunitz, London
- Kálvin Beáta – Fekesházi A. – Lengyel Zs. et al. (2002): Költség-hatékony onkológiai PET-vizsgálatok. *Magyar Onkológia*. 46, 3, 203–223.
- Kásler Miklós (2001): *Az onkoterápia irányelvei*. B+V Lap- és Könyvkiadó Kft, Budapest
- Reiser, Maximilian F. – Takahashi, M. – Modic, R. – Bruening, M. F. (2002): *Multislice CT*. Springer Verlag, New York
- Rubin, Phillip (2001): *Clinical Oncology*. 8<sup>th</sup> Edition, W. B. Saunders Company
- Heywang-Kobrunner, Sylvia H. – Schreer, I. – Dershaw, D. D. (1997): *Diagnostic Breast Imaging: Mammography, Sonography, Magnetic Resonance Imaging and Interventional Procedures*. Thieme Verlag. Stuttgart–New York

