



SEMMELWEIS EGYETEM  
RADIOLÓGIAI KLINIKA



# Képkotó eljárások (CT, PET, PET-CT, MR) A leletek értékelése

Dr. Kalina Ildikó  
Radiológiai és Onkoterápiás Klinika,  
Semmelweis Egyetem  
Budapest  
2014. október 30.

# CT (computed tomography): számítógépes rétegvizsgálat

A sugárforrásból kibocsátott röntgensugarak intenzitása a testen való áthaladás során csökken.

Ezeket a gyengült röntgensugarakat a test túloldalán egy vagy több detektorsor érzékeli.

A röntgensugár összegzi az útjába kerülő struktúrákat, azok együttes sugárgyengítő képességét kapjuk meg.

Így jön létre egy szelet egy adott irányból való abszorpciós profilja.

Több irányból megismételve a mérést, elegendő adat áll rendelkezésre, hogy a számítógép kiszámítsa az egyes voxelek gyengítését a szeleten belül.

# CT (computed tomography): számítógépes rétegvizsgálat

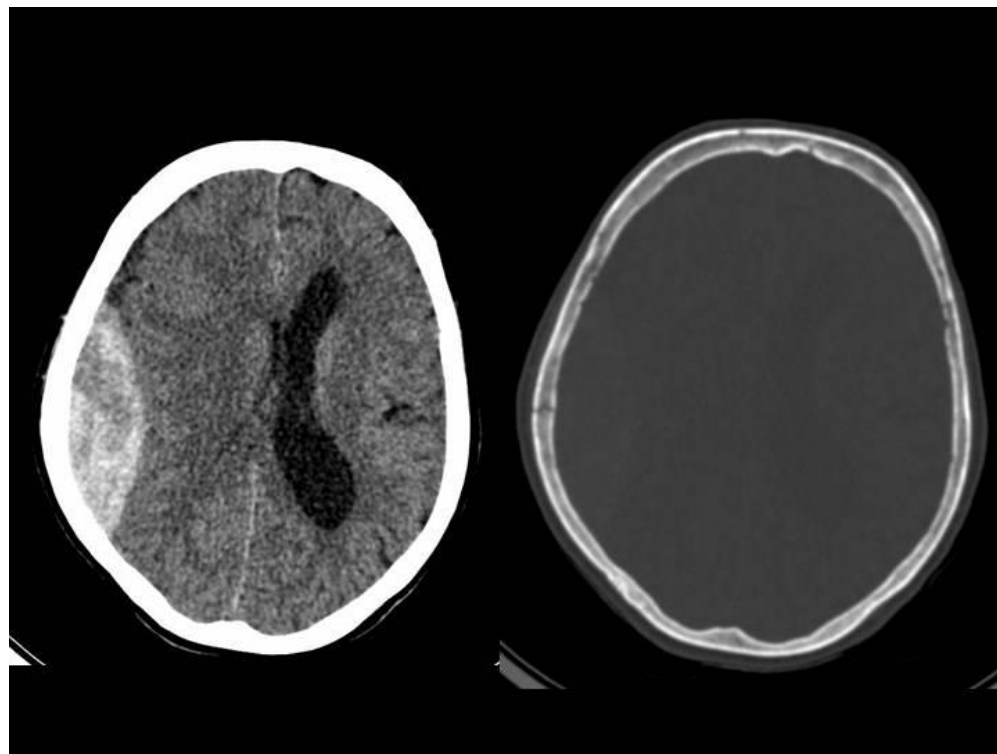
## Ablakolás:

Egy elkészített CT-képet több módon is megjeleníthetünk.

A teljes szürke skálát csak egy meghatározott sugárgyengítési tartomány számára nyitjuk meg, a többi adat a fehér vagy a fekete tartományba zsúfolódik össze, nem értékelhető.

**Ablakszélesség: (W)** változtatható érték, a szürkeskálán megjelenített legfeketebb és legfehérebb pixelek Hounsfield értéke közötti távolság.

**Ablakközép: (L)** az aktuális szürkeskála közepének megfelelő HU



**Mi az indikáció?**

**Milyen betegségre gondolunk?**

**Milyen korábbi betegségek, műtétek ismertek? Ezek függvényében tudjuk a vizsgálatot célravezetően megtervezni, kivitelezni, valamint megfelelően értékelni, segítve ezzel a klinikust.**

A CT-vizsgálat bonyolult folyamat, mely sokféleképpen kivitelezhető. Régiókról készítjük a vizsgálatot, de az, hogy hogyan választjuk meg a vizsgálati technikát, a feltett kérdéstől függ:

- adunk-e per os kontrasztanyagot, vagy csak vizet, vagy semmit?
- hogyan fektetünk (háton, hason)?
- alkalmazunk-e intravénás kontrasztanyagot?
- milyen fázisokat készítünk intravénás kontrasztanyag beadását követően?
- milyen technikai paraméterekkel dolgozunk? (pl.: HRCT, low dose CT)
- milyen rekonstrukciókat készítünk?

# CT-csapatmunka:

## Team= páciens+klinikus+radiológus

Ahhoz, hogy egy jól értékelhető vizsgálat készüljön, elengedhetetlen, hogy rendelkezünk a megfelelő információkkal a betegről, ennek hiányában

könnyen előfordul, hogy nem a megfelelő technikával készül el a vizsgálat. Ez esetben pedig a leletező radiológus nem fog tudni a klinikus számára hasznos információkat adni, továbbá nem fogja tudni adekvátan értékelni a látott képet, hiszen a klinikumot és a morfológiát együttesen értékelve tudunk csak megfelelő véleményt alkotni.

Ráadásul olyankor a beteg felesleges sugárterhelést szenved el.

Így a helyes képalkotó vizsgálat kivitelezése azzal a momentummal indul, amikor a klinikus megkéri a radiológustól a vizsgálatot, így ez is a csapatmunka része.

# Milyen lépésekből áll a vizsgálat?

## 1. Előkészítés

- **éhgyomor:** 3-4 órával a vizsgálat előtt a beteg már ne fogyasszon ételt, viszont folyadékot igyon (szénsavmentes víz, tea)
- **hidratio:** kontrasztanyag beadás előtt és azt követően a beteget megfelelően kell hidrálni a kontrasztanyag nephrotoxicus hatásának kiküszöbölése érdekében. A páciens állapotától függően ez jelenthet bőséges folyadékfogyasztást vagy infúzió keresztüli hidráltást.
- **vesefunctio: kreatinin/GFR**
  - GFR < 30 ml/perc/1,73m<sup>2</sup> csak vitalis indikáció esetén adunk iv. kontrasztanyagot, valamint csak a bizonyítottan veseelégtelen, dialysált betegnek!
- **pajzsmirigyfunctio:** kezeletlen hyperthyreosis esetén thyreotoxicus krízis alakulhat ki jódos kontrasztanyag iv. adását követően.
  - **kontrasztanyag érzékenység:** feltétlenül közölni kell, ha volt már ilyen esemény az anamnézisben!
- **Merckformin típusú orális antidiabeticumok kihagyása:** a vizsgálat napján és azt követően 2 napig (csak a vesefunctio ellenőrzése után szabad a Merckformint visszavezetni a betegnek). Minden egyéb gyógyszerét beszedheti a beteg!
- A kontrasztanyag adás után a szoptatást ajánlatos 24 órára felfüggeszteni.

# Onkológiai CT vizsgálatok

- Cél: a tumor terhelés változásának objektív értékelése
- Kritériumrendszer kidolgozása
- Széles körben elfogadott a klinikusok, a gyógyszercégek, a kutatók és az akadémia által
- 1981 - WHO rendszer

# WHO kritériumok

- Anatómiailag meghatározható tumorméret
- Kétdimenziós mérés
- Az alapvizsgálathoz (baseline) való hasonlítás a kezelés alatt



# RECIST 1.0

- 1990-es évek közepén kidolgoztak egy standardizált és egyszerűsített kritériumrendszert
- *2000 - RECIST (Response Evaluation Criteria In Solid Tumors) 1.0 verzió*  
New guidelines to evaluate the response to treatment in solid tumors (RECIST Guidelines). Therasse és mtsai 2000. J Natl Cancer Inst 92:205–16.
- *Solid tumorok válaszadásának kiértékelési kritériumai*

# Az értékelés módszerei

- Klinikai vizsgálat
- Mellkas röntgen
- CT, MRI
- Ultrahang
- Endoszkópia, laparoszkópia
- Tumor markerek
- Citológia, hisztológia

# 2000 óta eltelt időben átértékelődés

- Hány lézió követésére van szükség?
- Nyirokcsomók értékelése
- Anatómiai és funkcionális képalkotás kérdései
- Hasznosítjuk-e és hogyan az új képalkotó technikákat (pl. FDG-PET vagy MRI)?
- Kell-e ellenőrző vizsgálat?

# Válaszkritériumok – Target léziók

## **Complete Response (CR)**

- az összes target lézió eltünése, nyirokcsomó követése esetén normál tartományba kerülése.

## **Partial Response (PR)**

- az összátmérők legalább 30%-os csökkenése az alapvizsgálat során mért összátmérők összegéhez képest.

## **Stable Disease (SD)**

- nem elegendő zsugorodás a PR megítéléséhez, nem elegendő növekedés a PD megítélésére, alapul véve a kezelés megkezdése óta a legnagyobb átmérők legkisebb összegét.

## **Progressive Disease (PD)**

- az összátmérők legalább 20%-os növekedése a kezelés megkezdése óta feljegyzett legnagyobb átmérők legkisebb összegéhez viszonyítva vagy egy vagy több új lézió megjelenése.

# Nem mérhető léziók

- Leptomeningeális szórás
- Ascites
- Pleurális / Pericardiális folyadékgyülem
- Mastitis carcinomatosa
- A nyirokutak tumoros érintettsége a bőrben és a tüdőben
- Hasi terimék, melyek nincsenek igazolva vagy követve képalkotó technikákkal

# Nem mérhető léziók

- Csontmetasztázisok – a plasticus csontléziók és lágyszövetkomponenssel nem bíró lyticus csontléziók továbbra is nem mérhető lézióknak minősülnek
- Cysticus eltérések
- Organomegalia (RECIST 1.1)
- Előzőleg besugarazott területen kialakult elváltozások (RECIST 1.1)

# Daganatellenes kezelések változása

- A solid tumorok konvencionális kemoterápiás kezelésének értékelésére a standard eljárás 2000 óta a RECIST volt.
- A target terápiás szerek új generációja (sunitinib, sorafenib, avastin) új értékelő rendszert kíván.
- A mRCC kezelését átalakították:  
A progresszió mentes túlélések a standard terápiákhoz képest megduplázódtak.
- Jelentős klinikai benefit, mégis kedvezőtlen RECIST eredmények.

# MR ÁLTALÁNOS TUDNIVALÓK

Az MR alapvetően tomográfiás eljárás. Segítségével – a CT-hez hasonlóan – szeletképsorozatok készíthetők, de nemcsak transzverzálisan, mint a CT-vel, hanem bármilyen síkban.

Az MRI kiváló szöveti felbontóképességű vizsgálat, jó anatómiai képalkotásra képes és a pathológiás eltérések érzékenyen detektálhatók vele.

Az MR alkalmas többféle, egymástól teljesen különböző kontraszttartalmú, a szövetek legkülönbözőbb biokémiai, biofizikai tulajdonságait tükröző felvétel készítésére.

Előnyei más modalitással szemben:

Nincsenek csontműtermékek, ezért jól alkalmazható a hátsó és középső koponyagödör, valamint a gerincvelő, kismedence vizsgálatára,

-mivel nem használ ionizáló sugarakat – jelenlegi tudásunk szerint nincs káros hatása.

-Az MR-vizsgálat a CT-vizsgálattal ellentétben nem régiók, hanem elsősorban szervek, szervrendszerek célzott vizsgálatára használatos vizsgáló eljárás.



# Az MR-berendezésről

Az MR-készülék fő része a mágnes; ezt úgy alakították ki, hogy a beteg a mágneses tér közepén fekve helyezkedhessen el. Technikailag kétféle típus létezik, az *alagútszerű* és az *úgynevezett nyitott mágnes*.

Az alagútban van a tekercs (antenna), ennek a közepe a betegtér; mivel meglehetősen szűk, a klausztrofóbiás betegek nehezen viselik el, bizonyos testméret felett pedig a vizsgálat fizikailag lehetetlenné válhat.

A nyitott mágnes az alagúthoz képest kissé kényelmesebb, így a klausztrofóbiás vagy a rossz állapotú betegek és a gyermekek vizsgálata szempontjából előnyt jelenthet

# Nukleáris medicina

Az in vivo vizsgálatok esetén ún. **radiofarmakonokat** jutattunk a beteg szervezetébe, általában intravénásan. Ezek valamilyen szerv-, szövet-, vagy funkció specifikus vegyületből és hozzákapcsolt radioaktív izotópból állnak. Utóbbi a **diagnosztikus** eljárások esetén nyomjelzőként szerepel, a radioaktív sugárzás detektálásával eloszlásuk a szervezetben kívülről nyomon követhető.

A különböző kóros folyamatokban elektíven dúsuló és hosszabb ideig ott is maradó farmakonok pedig alkalmasak arra, hogy a hozzájuk kapcsolt megfelelő radionuklidot a kóros célterületre juttatva lokális sugárkezelést végezzünk, a környező, ill. ép szövetek, szervek kímélete mellett (**izotóp terápia**).

Az in vivo vizsgálatok túlnyomó többsége képalkotó eljárás (szcintigráfia). Mivel a radiofarmakonok dúsulása, kiválasztása mindig valamilyen biokémiai folyamat, ill. működés következménye, az izotóp vizsgálatok mindig **funkcionális** információt nyújtanak, ezért funkcionális képalkotásnak is szokás nevezni .

Más megközelítésben az izotóp vizsgálatok ún. **emissziós** módszerek, mivel a páciensből, mint sugárforrásból kilépő sugárzást detektáljuk.

# A nukleáris medicina az onkológiai diagnosztikában

A daganatos betegségek vonatkozásában kiemelkedő jelentősége van a daganatokat direkt módon megjelenítő nukleáris medicinai módszereknek, amelyek során magukban a kóros folyamatokban dúsuló radiofarmakonok kerülnek felhasználásra.

## PET

A direkt módszerek közül jelenleg legnagyobb jelentősége az FDG PET, ill. PET-CT módszernek van, mely az **életképes daganatszövet** megjelenítésével olyan információt szolgáltat, amelyre a többi nem invazív vizsgáló módszer egyike sem képes.

Az FDG-PET vizsgálat leggyakoribb klinikai felhasználása, egésztest vizsgálat formájában, onkológiai indikációban történik, mivel a **malignus daganatok** többsége **magas energiaszükséglete**, fokozott glükolitikus aktivitása miatt **fokozottan dúsítja az FDG-t**. Az FDG dúsulás mértéke legtöbbször arányos a malignitás fokával.

Az onkológiában jól használható a vizsgálat a betegségek diagnózisban, mivel benignus és malignus elváltozások elkülöníthetőek egymástól. Az egész test PET vizsgálat alkalmas arra, hogy egyetlen vizsgálattal mutassa ki a **primer tumort**, a közelében elhelyezkedő **daganatos nyirokcsomókat** és a szervezetben levő **távoli áttétet (staging)**.

Szövetteni mintavétel helyének megjelölése  
Műtéti beavatkozások megtervezése,  
Sugárkezelés céltérfogatának meghatározása

Betegségkövetés

Az onkoterápia hatásosságának lemérése

A morfológiai képzőkhöz képest a különböző terápiás eljárások hatékonyságának a kezelés megkezdését követően korai meghatározása

-a vizsgálat a daganat funkcionális tulajdonságainak megváltozását méri, ami a detektálható **strukturális változásokhoz képest (méretváltozás) hamarabb** következik be

A reziduális vagy recidív daganatok (restaging) felismerése, illetve kizárása  
(ha az egyéb vizsgáló módszerek eredményei bizonytalanok)

**Postterápiás reziduális terimékről** eldönthető, hogy tartalmaznak-e viabilis tumort vagy hegszövetnek felelnek csak meg

A kezelés korai szakaszában végzett (ún. interim) PET vizsgálat alkalmas a **terápiára jól reagáló és a rezisztens** esetek **elkülönítésére**

A nem reagáló esetekben lehetővé válik a **hatástalan kezelés felfüggesztése**, ill. megváltoztatása.

Az FDG dúsulás fokának, valamint a terápiás válasz mértékének emellett általában jelentős **prognosztikai** értéke van

A PET képalkotás magas szenzitivitása miatt igen kicsiny, ismeretlen eredetű rejtett tumorok kimutatására is alkalmas.

A PET vizsgálatnak **bizonyított haszna** a következő daganatos kórképekben van:

**szoliter pulmonális kerekárnyék differenciáldiagnózisa,  
stagingben és restagingben hasznos**

**a tüdőrák,**

**a limfómák,**

**a kolorektális rák,**

**az emlőrák,**

**a nyelőcsőrak,**

**a fej-nyak daganatok,**

**a malignus melanoma,**

**a hasnyálmirigyrák,**

**a méhnyakrák esetén.**

Az FDG-PET vizsgálat során álnegatív eredményhez vezethet, ha a daganat túl kicsi és/vagy a glükóz metabolizmus nem vagy kevésbé fokozott (pl. jól differenciált neuroendokrin tumorok, bronchoalveolaris carcinoma, sok esetben a vese- és prostatarák, valamint a hepatocellularis carcinoma).

Az FDG nem tumorspecifikus farmakon, ezért álpozitív eredmények születhetnek fokozott glükózfelhasználással, ill. kiválasztással járó folyamatok esetén, például bizonyos gyulladási folyamatok, korai posztoperatív és posztirradiációs jelenségek, stb.

# PET-CT

A PET-CT készülékek gyors klinikai elterjedése a harmadik évezred eleje óta folyamatosan tart és manapság újonnan önálló PET készüléket a gyártók gyakorlatilag nem értékesítenek.

A PET-CT szenzitívebb és specifikusabb, mint az összetevő modalitások önmagukban. A legjelentősebb hatása a PET-CT-nek az önálló PET-hez képest abban mutatkozik meg, hogy a különböző, egyértelmű vagy bizonytalan PET eltérések pontos lokalizálásával és a morfológia hozzárendelésével segít elkülöníteni a különböző benignus, illetve fiziológiás, valamint a malignus funkcionális jelenségeket, ezáltal csökkenti a bizonytalan vagy álpozitív leletek számát.

A PET-től származó funkcionális információk segítenek a nem egyértelmű CT eltérések karakterizálásában, például a nyirokcsomók esetében.

A CT vizsgálat értékének növekedése azért is kézenfekvőnek látszik, mert a PET radiofarmakon felfogható egy igen magas funkcionális szenzitivitású és specificitású, újfajta „kontrasztanyagként” is.