

A SPECT VIZSGÁLATOK ÁLTALÁNOS MÓDSZERTANA

Írta: Varga József

Célkitűzés

Jelen dokumentum célja, hogy tisztázza a SPECT leképezéssel kapcsolatos alapvető fogalmakat, és általános irányelveket nyújtson a vizsgálatok elvégzésére vonatkozóan. Ezen elvek nagy része a gamma-kamerás vizsgálatokra általában vonatkozik, de hangsúlyt kaptak a leírásban a SPECT technika különlegességei. További részletek találhatóak az SNM (1) valamint az ASNC (2) módszertani ajánlásában.

1. Háttér információk és definíciók

1.1. Nukleáris medicina

Szakterület, amely nyílt radioaktív készítményeket (radiofarmakonokat) alkalmaz különféle betegségek felderítésére és gyógyítására.

- Egyik részterülete az "in vivo" diagnosztika, melynek legfontosabb sajátossága, hogy a szervezet működésére vonatkozó (funkcionális) információt nyújt a végbemenő biokémiai folyamatok leképezésével és számszerűsítésével, kiegészítve ezzel a más orvosi leképező eljárásokkal nyerhető anatómiai információkat.

1.2. Gamma-kamera

Orvosi berendezés, mely radioizotóppal jelzett anyag (radiofarmakon) élő szervezetbeli eloszlásának leképezésére szolgál a jelzett anyag által kibocsátott gamma- illetve karakterisztikus röntgen-sugárzás érzékelésével.

1.3. SPECT készülék („Single photon emission computed tomograph”)

Speciális gamma-kamera, amely számos vetületi képből keresztmetszeti radioizotóp-eloszlási képeket állít elő számítógépes segédlettel.

2. Kontraindikáció

- 2.1. Terhesség
- Különös körültekintést igényel a radioaktív készítmények alkalmazása terhes nők és szoptató anyák esetén. A reprodukív korban levő nők esetleges terhességét tisztázni kell, és terhességi próbát is kell végezni, ha a magzat elnyelt dózisa várhatóan meghaladja az 50 mSv-et.

3. Módszertan

A SPECT vizsgálat, mint magas technikai igényű orvosi diagnosztikus eljárás, az alábbi fő lépésekre tagolható:

3.1. A beteg előkészítése

- Attól függően, hogy milyen funkciót vizsgálunk, és milyen radiofarmakont tervezünk alkalmazni, speciális előkészítésre lehet szükség, melyet az adott módszer leírása tartalmaz. Számos módszer egyáltalán nem igényel semmilyen előkészítést.

- Tájékoztató

A szükséges előkészületekről a vizsgálat előjegyzésekor tájékoztatni kell a beteget illetve a kérő orvost.

A vizsgálat megkezdése előtt a beteget tájékoztatni kell az eljárás menetéről, kockázatáról, és a környezet sugárterhelésének csökkentését célzó elővigyázatossági intézkedésekről.

Egyes radiofarmakonok alkalmazása, illetve terhelés, provokációk végzése írásbeli beleegyezést igényelhet. Ezeket az adott módszer leírása tartalmazza.

3.2. Szükséges előzetes adatok

A vizsgálat eredményessége és hasznossága nagy mértékben függ attól, hogy rendelkezésre állnak-e – a kéri lapon, előzetes megbeszélésből vagy a beteggel történt elbeszélgetésből – a kivitelezést, adatfeldolgozást és leletezést befolyásoló információk. A vizsgálat végzésének célja, a diagnosztikai kérdésfelvetés

- Kórelőzmény
- Korábbi radioizotópos és más vizsgálatok eredménye
- Elvégzett vagy folyamatban levő terápia
- Jelenlegi gyógyszerelés
- Testméretek az alkalmazandó radioaktivitás meghatározásához.
- Ezeken kívül egyes speciális vizsgálatokhoz további információkra lehet szükség, amit a vonatkozó módszerleírások tartalmaznak.

3.3 A műszerek előkészítése

Megbízható eredmények csak jól szabályozott műszerekkel várhatók. A minőségellenőrzés és szabályozások gyakoriságát és módszereit írásban kell rögzíteni, és végrehajtását rendszeresen ellenőrizni kell. A minőségellenőrzési követelményekről külön módszertani levél szól¹.

A gamma-kamerák rendszeres karbantartását és esetleges javítását szakszervizzel célszerű végeztetni. A megelőző karbantartás javasolt gyakorisága negyedévenkénti.

Ezen túl a készüléket működtető személyzetnek rendszeresen ellenőriznie kell az alapvető minőségi paramétereket, és elvégezni a szükségessé váló szabályozást.

3.3.1. Gamma-kamerák legfontosabb általános minőségi paraméterei

Az alábbi paraméterek bármilyen (planáris, egésztest, tomográfiás) üzemmódú gamma-kamerára vonatkoznak:

- 3.3.1.1. Uniformitás
- A kamera érzékenységének egységessége a látómezőben. Eltorzulása többféle ok következménye lehet, ez a legérzékenyebb jelzője a gamma-kamera hibáinak. Nem megfelelő volta a planáris (ill. vetületi) kép foltosságában jelentkezik. Az ilyen műtermékek rontják a vizsgálatok elérhető érzékenységet és fajlagosságát.
- 3.3.1.2. Geometriai torzítás (linearitás)
- Négyzetrácson elrendezett pontforrások képe mennyire tér el a négyzetrácstól. Az uniformitást is jelentősen befolyásolja.
- 3.3.1.3. Felbontás
- A még elkülöníthető objektumok legkisebb távolsága. Alapvetően a kollimátortól függ, és nagyban befolyásolja a detektor-beteg távolság, valamint a sugárzást szóró réteg vastagsága. Mérőszáma a vonalforrás képének félértékszélessége.
- 3.3.1.4. Érzékenység
- egységnyi aktivitással nyerhető számlálási sebesség.
Általában a felbontás és az érzékenység egymás rovására változik a kollimátor kiválasztásával: viszonylag nagyobb felbontás (HR="high resolution" kollimátor), vagy nagyobb érzékenység (GP="general purpose") közül választhatunk.
- 3.3.2. A SPECT üzemmód speciális követelményei

A 3.3.1 szakaszban jellemzett paraméterek torzulása általában súlyosabban rontja a SPECT, mint a planáris vizsgálatok minőségét, így a SPECT üzemmódban (is) üzemeltetett kamera beszabályozása még nagyobb körültekintést igényel:

- 3.3.2.1. Uniformitás:
- Nem megfelelő volta a rekonstruált SPECT metszeteken jellegzetes gyűrűhibaként jelentkezik.
- 3.3.2.2. Felbontás

- Mivel nagyban befolyásolja a detektor-beteg távolság, tomográfiás leképezésnél a lehető legszorosabb pályát kell beállítani. Ez könnyebben elérhető, ha elliptikus vagy kontúrkövető pálya is rendelkezésre áll. A felbontás SPECT metszeteken a rekonstrukciós módszer, különösen az alkalmazott szűrő függvénye is.
- 3.3.2.3. Érzékenység
- SPECT vizsgálatoknál a hosszabb furatú kollimátorokkal érhető el jobb felbontás elfogadható érzékenység mellett.
- 3.3.2.4. Középpont-vándorlás (csak a tomográfiás üzemmódra jellemző paraméter)
- A látómező középpontjában állított merőleges egyenes a körbeforgás során mennyire esik egy síkba, illetve megy át egyetlen közös ponton. A detektor szögállásával, illetve utólagos számítógépes korrekcióval befolyásolható.

3.3.3. Hibrid SPECT/CT készülék

A CT segítségével végzett elnyelés-korrekcióhoz biztosítani kell a CT komponens napi CT-egység kalibrációját, valamint a kétféle modalitású kép térbeli egybeesését.

3.4. A radiofarmakon beadása, kivárás

A képminőséget és a számolt paramétereket is leronthatja a nem megfelelő minőségű radiofarmakon adása. A legfontosabb követelmények:

- Lejáraton belüli farmakont használjunk.
- A jelzés szigorúan a készítmény gyári leírása szerint történjen. Különösen ügyelni kell arra, hogy a hozzáadott térfogat és aktivitás a megadott határértéknél ne legyen nagyobb.
- Lehetőleg végezzük el a készítményhez javasolt minőségellenőrzést.
- A beadásra a megadott időtartamon belül kerüljön sor.
- Paravénás injekció gyanúját jegyezzük fel, és készüljön felvétel a beadás helyéről.
- A leképezés a vizsgálati protokoll szerinti időpontban történjen.

3.5. Adatgyűjtés

3.4.1.1. Begyűjtési paraméterek

A kamera kiválasztása

A több detektoros SPECT készülékekkel a vizsgálat begyűjtési ideje lerövidíthető, illetve kevésbé zajos képek gyűjthetők ugyanannyi idő alatt.

- Szívizom-vizsgálatokhoz derékszögben álló 2 detektor javasolt összesen 180°-os ívet, vagy 3 detektor összesen 360°-os ívet bejárva.
- A többi SPECT vizsgálatot általában 360°-os íven gyűjtjük be, amihez 2 detektor szembe állítva használható.
- Nagyon fontos, hogy a detektorok pontosan párhuzamosak legyenek a forgástengellyel, és a bekalibrált középpont-vándorlási korrekciót alkalmazzuk.

Kollimátor

Fontos tudnivaló, hogy a SPECT vizsgálatokhoz speciálisan erre a célra kialakított kollimátort kell használni. Míg a szívizom-vizsgálatokhoz (a szív mozgása miatt) általános célú kollimátor is elegendő, a részletgazdagságot igénylő (pl. agyi) SPECT-hez nagy felbontású (LEHR) kollimátor javasolt.

Ha a beadott radioizotópnak több fotonenergia-csúcsa van, vagy több radioizotópot együttesen alkalmazunk, a kollimátort mindig a legmagasabb energiájú sugárzáshoz kell választani.

A beteg elhelyezése

Alapelv, hogy a beteg lehető legkényelmesebb elhelyezését kell biztosítani, és lehetőleg szoros fejtartót, rögzítő hevedert kell használni, hogy ne mozduljon el a vizsgálat alatt. Utólagos mozgáskorrekciót csak igen körültekintően, annak tudatában végezhetünk, hogy az (az alkalmazott módszertől és az elmozdulás nagyságától függően) akár járulékos műterméket is okozhat.

Felbontás

- Legtöbb fajta SPECT leképezéshez 64*64-es digitális képfelbontás a szokásos.
- Több detektoros kamerával, nagyobb felbontás-igényű (agy, mellkasi tumor, stb.) vizsgálatához 128*128-as felbontás alkalmazható.
- A szöglépés legfeljebb 6°, nagyobb felbontás-igényű vizsgálatához 3° legyen.
(Megjegyzendő, hogy a rekonstruált kép zajosságát elsősorban a teljes íven összesen begyűjtött beütésszám határozza meg.)

Képidő

Nagyobb begyűjtött beütésszám általában kevésbé zajos képet eredményez. Ne feledjük azonban, hogy a beteg – állapotától függően – korlátozott ideig képes mozdulatlanul fekvődni. Általában a teljes begyűjtési idő ne haladja meg a 30-45 percet.

3.6. Adatfeldolgozás

3.6.1.1. Rekonstrukciós módszer

A rekonstrukció módjának, paramétereinek kiválasztása döntően befolyásolja a képminőséget. Általános szabály, hogy egy intézetben egy-egy vizsgálat-fajtát mindig ugyanazzal a rekonstrukciós módszerrel és szűrővel célszerű feldolgozni. Erősen eltérő statisztikájú vizsgálatokhoz (pl. egy napos szívizom-perfúziós vizsgálat terheléses és nyugalmi része) más-más szűrő az optimális.

Szűrt visszavetítés

Elméletileg a visszavetítés előtti, közbeni és utáni szűrés egyenértékű eredményt adhat. A gyakorlatban általában az előszűrés alkalmazása célszerűbb, mivel ez a forgástengely-irányú simítást is magába foglalhatja. A visszavetítéshez ilyenkor többnyire ramp-szűrőt alkalmaznak.

Iteratív rekonstrukció

A számítógépek fejlődésével a fokozatos közelítéses rekonstrukció a rutinvizsgálatok számára is elérhetővé vált. Előnye elsősorban akkor mutatkozik meg, ha különböző korrekciók (elnyelés, szóráss, távolságfüggő felbontás) is bele vannak foglalva.

3.6.1.2. Elnyelés-korrekción

Legtöbb mai adatfeldolgozó rendszer csak a homogén elnyelő közeg esetére szolgáló egyszerűbb korrekciót tartalmazza, amelynek alkalmazása leginkább az agyi SPECT-nél javasolt. Ez a módszer nem megfelelő a szívizom-perfúziós vizsgálatokhoz.

Nem homogén elnyelés korrekciója külső gamma-forrással begyűjtött vagy CT-képből számolt sugáráteresztési képpel történhet. Az utóbbit a SPECT/CT hibrid készülékek teszik lehetővé. Az elnyelés-korrigált mellkasi metszetek jelentősen különböznek a korrekció nélküliektől. Ha gyors CT-felvétel segítségével végezzük az elnyelés-korrekción, ügyelni kell a légzési fázis megválasztására.

Nem homogén elnyelő környezet esetén akár alkalmazunk mért korrekciót, akár nem, az értékelés, az esetleges műtermékek azonosítása nagy gyakorlatot és körültekintést igényel. Ebben szívizom-perfúziós vizsgálatnál segíthet az EKG-kapuzott begyűjtés alkalmazása.

3.6.1.3. Újraszeletelés (ferde metszetek képzése)

Míg a rekonstrukción a műszer tengelyére merőleges (transzaxiális) metszeteket eredményezi, az értékeléshez a vizsgált szerv fő tengelyéhez rögzített irányú szeletek szükségesek. Különösen kritikus a szeletelési irányok beállítása azoknál a vizsgálatoknál, amikor normális adatbázishoz hasonlítjuk az eloszlást (pl. szívizom-perfúzió).

Általános szabály, hogy ha szeletek összegzését alkalmazzuk a zajcsökkentés érdekében, ezt ne a transzaxiális, hanem a reorientált (ferde) metszetsoron végezzük, mert ez jobb felbontást eredményez.

3.7. Interpretáció, leletezés

A vélemény kialakítását a képernyőn kijelzett, nem a kinyomtatott képekre kell alapozni az előbbieknél jobb (elsősorban szín- illetve árnyalat-) felbontása miatt. A kvantitatív eredményeket (pl. szívizom poláris térkép) a metszetsorokkal együttesen kell értékelni.

A lelet formátumára vonatkozó elvárásokat külön állásfoglalás tartalmazza (4).

4. Ajánlott irodalom

1. Procedure guideline for general imaging 3.0 Society of Nuclear Medicine Procedure Guidelines Manual 2004, 1-10. o.
 2. Nichols & al.: Instrumentation quality assurance and performance. J. Nucl. Cardiol. 14/6: e61-78.
 3. Követelmények a gammasugárzás leképező eszközeivel szemben. A Nukleáris Medicina Szakmai Kollégium Évkönyve, 1997-98, 61-65.o.
 4. „Állásfoglalás az izotópdiaosztikai és terápiás eljárások dokumentálásának alapelveiről”
A Nukleáris Medicina Szakmai Kollégium Évkönyve, 2000, 42-43.o.
-