

RADIOJÓD TÁROLÁS - MÓDSZERTANI ÚTMUTATÓ

Írta: Földes Iván

1. Célkitűzés

A módszertani útmutató célja, hogy vezérfonalként szolgáljon a nukleáris medicina szakorvosok számára a pajzsmirigy radiojód tárolás vizsgálat indikálásában, végrehajtásában, értékelésében és leletezésében.

2. Háttér információk és definíciók

A pajzsmirigy aktív transzporttal vonja ki a jódot vérplazmából. A jódpumpa, a Na^+/I^- symporter juttatja be a pajzsmirigysejtekbe (trapping). A sejten belül a jódot beépül a tirozin aminosavba, a pajzsmirigy hormonjainak alkotórészeként válik (organifikáció). A radiojód tárolás számszerű értéke azt mutatja meg, hogy a beteg szervezetébe juttatott jódotartalom hány százaléka található meg a pajzsmirigyben a mérés időpontjában. Radiojód kinetikán a pajzsmirigy radiojód tartalmának időbeli változását értjük, a kinetikához a felvételt több időpontban szükséges megmérni.

Az akkumulációs fázis kinetikáját a tárolás maximuma elérésének időpontjával, a maximális felvétel százalékos értékével jellemezzük. A leadási fázis gyorsaságát, pedig azzal, hogy a tárolás maximális értéke hány nap alatt csökken a felére (effektív felezési idő). Az effektív felezési idő az izotóp fizikai felezési idejének és az adott egyénre jellemző biológiai felezési időnek az eredője.

A jódotartalommal végzett tárolási vizsgálat tökéletesen szimulálja a jódotanyagcserét, a jódot felvételt, a hormonképzést és a jódottartalmú kész hormon kibocsátását. A jódot tárolás megadható az egész mirigyre vonatkozóan vagy annak egyes részeire is. A regionális jódotfelvétel meghatározásához a mirigyben lévő jódot aktivitásának mérésén kívül képalkotás is szükséges, hogy a vizsgált régiók határait ki tudjuk jelölni (regions of interest ROI). A jódotfelvétel mértékét (uptake) döntően a pajzsmirigy jódottelítettsége szabja meg. Fokozott a jódotfelvétel, ha a mirigy jódot tartalma alacsony, pl., jódot hiányban, de a gyors nagymérvű hormonképzés esetében, vagyis hyperthyreosisban is fokozott a jódotfelvétel. Csökkent mértékű a diagnosztikus jódot izotóp felvétele, ha a pajzsmirigy jódot telt (jódot tartalmú gyógyszerek, ételek), továbbá a pajzsmirigy szövet destrukciója okozta perifériás hypothyreosisban, csökkent akkor is, ha a jódot felvételt serkentő TSH hiányzik vagy biológiailag nem teljes értékű (centrális hypothyreosis). A radiojód felvétele szoros korrelációt mutat a pajzsmirigy jódot-clearance értékével.

3. Leggyakoribb indikációk

A radiojód tárolás korábban első vonalbeli diagnosztikai eljárás volt. Ma már lényegesen ritkábban használjuk a pajzsmirigy működési állapotának megítélésére, mert arról kellő felvilágosítást nyújtanak a hormonvizsgálatok.

3.1. Radiojód terápia

A benignus és malignus pajzsmirigybetegségek radiojód kezelése előtt és után, a szükséges aktivitás kiszámítása, a ténylegesen elnyelt dózis meghatározása. A radiojód felvételt lehetőleg közvetlenül néhány nappal a terápia előtt kell megmérni.

3.2. **Veleszületett hypothyreosis** differenciáldiagnosztikája, a hormonszintézis veleszületett zavarainak kimutatása.

3.3. Thyreoiditis, hyperthyreosis factitia.

A szubakut thyreoiditis, postpartum thyreoiditis, egyéb fájdalomtalan „painless” thyreoiditisek, valamint a hyperthyreosis factitia elkülönítése a Basedow-Graves kórtól és a hyperthyreosis egyéb formáitól.

4. Kontraindikáció

4. 1. Terhesség

4. 2. Szoptatás

Amennyiben a szoptató nőnek radiojód tárolást kell végezni, akkor a szoptatást abba kell hagyni, és ezt követően 6 héttel kerülhet sor a vizsgálatra. A 6 hét szünetre az emlő sugárterhelése csökkentése érdekében van szükség. A radiojód tárolás után nem javasolt a szoptatás újbóli elkezdése, mert az izotóp kiválasztódik a tejbe.

5. Módszertan

5. 1. Beteg előkészítése

5.1.1. A radiojód tárolást befolyásoló gyógyszerek és gyógyhatású készítmények, ételek kerülése.

5.1.1.1. A gátlószereket (methimazol, propylthiouracil) 2-4 nappal a vizsgálat előtt ki kell hagyni. A gátlószerek hosszabb ideig tartó kihagyása esetén számolhatunk a hyperthyreosis rosszabbodásával. Már néhány napos szünet a gátlószerekkel a maximális felvétel növekedéséhez (rebound) és az effektív félidő megváltozásához vezet.

5.1.1.2. A pajzsmirigy hormonok szedését a vizsgálat előtt abba kell hagyni, az L-thyroxint a tárolás előtt 4 héttel, a trijódthyronint a tárolás előtt két héttel.

- 5.1.1.3. A jódtartamú gyógyszerek a pajzsmirigy fokozott jódtelítettségét, ezáltal a jódfelvétel gátlását okozzák. Gyakran alkalmazott jódtartalmú gyógyszerek: fertőtlenítőszer (jódtinktúra, Betadin), geriátriai szerek, köptetők, gyógyvizek, jódtartalmú multivitaminok. Az igen nagy mennyiségű jódot tartalmazó amiodarone radiojód felvételt gátló hatása legalább hat hónapig fennáll. A vízdékony röntgen kontrasztanyagok alkalmazása után 2-4 hetet kell várni a radiojód tárolással
- 5.1.1.4. Jódszegény diéta ajánlott a vizsgálat előtt 7–14 napon át, nagy jódtartalmú ételek: jódozott só, tengeri só, tej és tejtermékek, tojás, tengeri halak, jóddal készített kenyér, zeller, vörös ételfestéket tartalmazó ételek, torma, pácolt és füstölt élelmiszerek, szója, hamburger, étel-kiegészítők, tengeri alga.
- 5.1.1.5. Nem jódtartalmú, gyakrabban használt gyógyszerek, vegyi anyagok, amelyek a radiojód tárolást gátolják: methimazol, carbimazol, propylthiouracil, a monovalens anionok (pl. K-perklorát, thiocyanat), glucocorticoidok akutan nagy dózisban, szalicilátok nagy dózisban, sulfonamidok, aminoglutethimide, sulfonyleurea.
- 5.1.2. Éhgyomorra kell maradni a vizsgálatához.
A radiojód kapszula lenyelése előtt 4 órával és utána még egy órát nem szabad enni, folyadékot fogyasztani szabad. Az étkezés akadályozhatja a radiojód felszívódását.

5. 2. Szükséges előzetes adatok

5.2.1. Kórelőzmény

- Előzetes műtét.
- Előzetes sugárterápia.
- Volt-e gátlószeres kezelés, milyen gyógyszer, mikor maradt abba?
- Volt-e pajzsmirigyhormon kezelés, milyen gyógyszer, mikor maradt abba?
- Jódexpozíció (gyógyszer, gyógyhatású készítmény, kontrasztanyag, étel).
- TSH és pajzsmirigyhormon értékek.
- Gyulladásra utaló laboratóriumi leletek.
- Vizelet jódürités (fakultatív).
- Ultrahang vizsgálat lelete.
- Korábbi pajzsmirigy szcintigram lelete.
- Korábbi tárolás lelete.
- A beteg által szedett gyógyszerek.

- Esetleges nemrégiben alkalmazott radiofarmakonok, mikor, mennyi, milyen?
- Terhesség kizárása.
- Szoptatás abbahagyásának időpontja.

5. 3. Radiofarmakon

5. 3. 1. Radiofarmakonok tulajdonságai

- ^{131}I - Fizikai felezési ideje 8,05 nap. A béta sugárzás maximális energiája 0,606 MeV, átlagos energiája 0,192 MeV, átlagos szöveti áthatoló képessége 0,8 mm. A gamma sugárzás domináns energiája 364 KeV. Előállításuk reaktorban történik. Kémiai formájuk: ^{131}I -natriumjodid (Na^{131}I).
- ^{123}I - Fizikai felezési ideje 13,3 óra. A gamma sugárzás domináns energiája 159 KeV, ezen kívül 28 KeV röntgensugarat is kibocsát. Előállításuk ciklotronban történik. Kémiai formájuk: ^{123}I -natriumjodid (Na^{123}I).

5. 3. 2. Radiofarmakonok adagja, a beadás módja:

- Na^{131}I aktivitása felnőtteknek 0,15 - 0,37 MBq (max. 0,55 MBq) éhgyomorral p.os (kapszula vagy folyadék). Gyermekekben a Na^{131}I -t nem alkalmazzuk. radiojód tárolásra, a nagy sugárterhelés miatt.
- Na^{123}I radiofarmakkal általában kizárólag tárolást általában nem végeznek, hanem a szcintigráfiával együttesen. A kapszula aktivitása 3,7 - 7,4 MBq. Adható intravénásan is. Amennyiben Na^{123}I -dal nem kizárólag a jódfelvételt, hanem a hormonképzés leadási szakaszát is vizsgálni kívánjuk, akkor az izotóp rövid felezési ideje miatt nagyobb aktivitást kell adnunk (14,8 MBq). Csecsemőkben, gyermekben a beadandó Na^{123}I aktivitása testsúlyfüggő, de legalább 3 MBq legyen.

5. 4. Adatgyűjtés

5. 4. 1. Eszközök

5. 4. 1. 1. Nátrium jodid (NaI) kristályt tartalmazó, szcintillációs mérőfejet használunk, megfelelően kollimálva (autóduda kollimátor). A kollimátor látómezeje befogja az egész nyaki régiót. A szcintillációs mérőfejet, a beütéseket számláló energiaszelektív számlálóhoz vagy sokcsatornás analízatorhoz csatlakoztatjuk. Az érzékelő kristály és a nyak felszíne közötti távolság 25-30 cm legyen. A távolság állandóságát távtartóval kell biztosítani.

5. 4. 1. 2. A pajzsmirigy radiojód felvétele gamma kamerával is mérhető, ^{131}I esetében közepes energiájú, párhuzamos furatú kollimátor, vagy pinhole kollimátor, ^{123}I esetében alacsony energiájú, párhuzamos furatú (LEAP) vagy pinhole kollimátor alkalmazandó. Pinhole kollimátor esetében a tárolás mérésekor a kollimátor nyaktól való távolsága 20 cm legyen, viszont a szcintigram közelről, 6 cm távolságból készítenőd.

Gamma kamerával mérhető az egész pajzsmirigy, a pajzsmirigy tetszőleges kijelölt régiója vagy az egésztest radiojód felvétele (pajzsmirigyrák).

5.4.2. A mérés kivitelezése

^{131}I kapszula vagy ^{123}I kapszula

- ^{131}I vagy ^{123}I standard lemerése
 - aktivitáskalibrátorban (MBq)
 - nyakfantomban (ORINS, IAEA) elhelyezve (cpm)
 - cpm/MBq átszámítási faktor meghatározása
- ^{131}I vagy ^{123}I kapszula lemerése aktivitáskalibrátorban - beadott aktivitás (MBq)
- Az izotóp p.os. beadása.
- Pajzsmirigy és testhátér (comb) beütésszám mérése meghatározott időpontokban (cpm)
- Pajzsmirigy nettó beütésszáma meghatározása (pajzsmirigy cpm- testhátér cpm)

^{131}I folyadék

- ^{131}I standard lemerése
 - szabad levegőn (cpm)
 - nyakfantomban (ORINS, IAEA) elhelyezve (cpm)
 - nyakfantom/levegő átszámítási faktor meghatározása (dimenzió nélküli)
- A beadandó ^{131}I folyadék kívánt aktivitásának kimérése aktivitáskalibrátorral (MBq)
- A beadandó ^{131}I folyadék beütésszáma szabad levegőn (cpm)
- Az izotóp p.os. beadása
- A pohárban maradt aktivitás visszamérése szabad levegőn (cpm)
- A nettó beadott aktivitás kiszámítása (beadás előtti cpm –visszamért pohár cpm)
- Pajzsmirigy és testhátér (comb) beütésszám mérése meghatározott időpontokban (cpm)
- Pajzsmirigy nettó beütésszáma meghatározása (pajzsmirigy cpm- testhátér cpm)

Amennyiben a beteg nyakának és a nyakfantomnak geometriája jelentősen eltér, akkor mélységi korrekció is szükséges. A mérőeszközök saját háttérét is le kell vonni.

^{123}I iv. beadása esetén a tárolás meghatározásának menete azonos $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -pertechnetát tárolás gamma kamerával történő mérésével (lásd „Pajzsmirigy szcintigráfia módszertani útmutató”).

5. 4. 3. A mérés időpontja

- A jódkinetika pontos meghatározásához legalább három mérési időpont szükséges.
Többféle ajánlás lehetséges:

2, 5-6, 24, 48 esetleg 72 óra is
4–6, 24, és 120 óra
24, 48-72, és 120–192 óra
- Az effektív félidő meghatározásához legalább két mérési időpont szükséges.
Az első mérés a maximális felvétel időpontjában, a második 4-8 nappal a maximum után.
- A beadandó terápiás ^{131}I aktivitás meghatározásához elegendő lehet egy időpont is.
5 - 8 nappal a teszt aktivitás beadása után.
- Rövid tárolás „Kurztest”

4-6 és 24 óra

A beadandó terápiás aktivitás kiszámolásához az effektív felezési időt nem mérjük, hanem betegség specifikus fix értékkel számolunk. A rövid tárolást csak kivételesen alkalmazzuk, akkor, ha a további méréseknek szervezési akadályai vannak.

5.5. Adatfeldolgozás

^{131}I kapszula vagy ^{123}I kapszula

$$\text{Tárolás (\%)} = \frac{\text{Pajzsmirigy nettó beütésszáma (cpm)} * 100}{\text{Beadott aktivitás (MBq)} * \text{bomlási korrekció} * \text{átszámítási faktor (cpm/MBq)}}$$

^{131}I folyadék

$$\text{Tárolás (\%)} = \frac{\text{Pajzsmirigy nettó beütésszáma (cpm)} * 100}{\text{Beadott aktivitás levegőn (cpm)} * \text{bomlási korrekció} * \text{nyakfantom/levegő faktor}}$$

5. 6. Kiegészítő beavatkozás:

5. 6. 1. Kimosási próba kálium perkloráttal – a jódszintifikáció hibájának kimutatására

A pajzsmirigyben a hormonképzés veleszületett vagy szerzett enzimizavar miatt károsodott lehet. Leggyakrabban a peroxidáz enzim működése elégtelen, az jódszintifikáció nem tökéletes. Ezt úgy tudjuk kimutatni, hogy a beteg kálium perklorátot kap. A pajzsmirigyben a perklorát és az organikus kötésbe nem került jódszintifikáció között vetélkedés alakul ki. Jódszintifikációs defektusban a szerves kötésbe nem került jódszintifikáció a pajzsmirigyből, a mirigyben a radiojódszintifikáció aktivitása csökken.

Kivitelezés:

Felnőtt: radiojódszintifikáció tárolás ^{131}I vagy ^{123}I adásával, az első mérés 120 perc múlva, ez után beteg 1 g kálium perklorátot kap szájon át, majd 180 és 240 perc múlva ismét mérünk.

Gyermek: a tárolást ^{123}I adásával végezzük, a K perklorát adagja testsúlyfüggő.

Jódszintifikációs defektus: a 240 perces tárolás legalább 20 %-kal kevesebb, mint a 120 perces.

5. 6. 2. Radiojódszintifikáció tárolás exogén pajzsmirigy hormonnal történő TSH szuppresszió után.

Szuppressziós tárolást szcintillációs mérőfejjel, ami évtizedekkel ezelőtt még rutin klinikai módszernek számított, ma már nem végzünk. Amit végzünk, az a tárolás és szcintigráfia együtt (kvantitatív szcintigráfia), gamma kamerával. Célja a pajzsmirigy diffúz vagy regionális autonómiájának bizonyítása. A technikai kivitelezés a radiojódszintifikáció esetében azonos a technécium tárolásnál leírtakkal (lásd: Pajzsmirigy szcintigráfia módszertani útmutató).

5. 7. Interpretáció, lelemezés

5. 7. 1. Lelemezés

5. 7. 1. 1. Általános adatok

A leletnek tartalmazni kell a beteg adatait, név egyéb azonosító, születési dátum, a lelemező orvos, orvosok neve, a vizsgálatot végző asszisztens, a vizsgálat típusa, ideje, a mérőeszköz megnevezése, radiofarmakon, beadott aktivitás, a beadás módja, anamnézis, a vizsgálatot indokló ok. Esetleges kiegészítő beavatkozás.

5. 7. 1. 2. Leíró rész

- A tárolás betegben mért értékei a különböző időpontokban.
- Az értékek normális tartománya.

A radiojódszintifikáció tárolás normális értékei vidékenként változnak a jódszintifikáció és a táplálkozási sajátosságok szerint, vagyis a pajzsmirigy jódszintifikációjától függően. Budapesten a tárolás 2 óra

múlva $20 \pm 9\%$, 6 óra múlva $32 \pm 12\%$, a maximumot 24 óra múlva éri el $43 \pm 11\%$, leadási szakaszban 48 óra múlva $40 \pm 10\%$.

- Nyilatkozni kell, hogy a vizsgálat eredménye normális vagy kóros.
- A leletben nyilatkozni kell azokról az esetleges körülményekről, melyek a vizsgálat szenzitivitását és specificitását befolyásolhatták.
- A leletben válaszolni kell a klinikai kérdésre.

Hyperthyreosisban a jódanyagcsere minden lépése fokozott, a felvétel maximumát már 2-6 óra között elérheti, értéke a beadott aktivitás 80%-a is lehet. Fokozottan vesz fel a jód-hiányos normofunkciós strúma, de a leadás nem gyorsult meg. Meghaladja a normális mértéket a jódfelvétel a vegetatív idegrendszer működési zavaraiiban, a peroxidáz enzim defektusában. Magasabb a jódfelvétel a szubakut, a fájdalomtalan „silent” és a postpartum thyreoiditis „recovery” szakaszában. Jód vagy pajzsmirigy gátlószer kihagyása utáni „rebound” fázisban – amikor a TSH növekedni kezd, lítium karbonát kezelés hatására, ha a pajzsmirigyét bétaHCG hormon túltermelés stimulálja, valamint Hashimoto thyreoiditisben- ha a TSH emelkedett.

Csökkent mértékű a pajzsmirigy jódfelvétele perifériás hypothyreosis atrophias formájában, a thyreoiditisek kezdeti destruktív szakaszában (szubakut pajzsmirigygyulladás, postpartum és „silent”thyreoiditis), thyreoidectomia után, radiojód kezelés után, külső besugárzás után, centrális hypothyreosisban, pajzsmirigyhormon szedése közben, hyperthyreosis factitiában, veseelégtelenség okozta jódretencióban.

- Össze kell hasonlítani a korábbi vizsgálatok leleteivel, továbbá összevetni a hormonvizsgálatok, pajzsmirigy immunvizsgálatok eredményeivel.

5. 7. 3. Véleményalkotás

- Lehetőség szerint pontos diagnózist kell adni, mely az elfogadott betegség-specifikus képeken alapul.
- Javaslat esetleges további vizsgálatokra, a kezelés módjára és az ellenőrzés időpontjára.

5. 8. Minőségellenőrzés

5. 8. 1. Szcintillációs mérőfej

Energiaablak ellenőrzése: minden nap

Háttér: minden mérés előtt

Detektor stabilitása és pontossága: minden nap

Az ellenőrző sugárforrást le kell mérni reprodukálható geometriával, és a kapott beütésszámot össze kell hasonlítani az előző napi érték bomlással korrigált „kell” értékével.

Mérőszonda/aktivitásmérő (cpm/MBq) átszámítási faktor meghatározása: naponta

Sokcsatornás analizátor energia spektruma: legalább évente

5. 8. 2. Gamma kamera

„A SPECT vizsgálatok általános módszertana” módszertani útmutató szerint.

5. 9. Hibaforrások

- Eltérek a nyak-detektor távolságban a különböző mérési időpontokban.
- A detektor nem megfelelő centrálása a nyak felett.
- Nem szabványos nyakfantom.
- A nyakfantom elszennyeződése.
- A mérőeszköz elszennyeződése.
- A mérőeszköz elektronikus instabilitása, nem megfelelő minőség-ellenőrzés.
- A detektor holtideje hosszú, más hatásfokkal méri a beadandó aktivitást és a pajzsmirigyet.
- Háttér aktivitás változékonysága (pl. radioaktív izotópot kapott beteg mozog a közelben).
- A beteg valamilyen más radiofarmakont kapott nemrégiben (magasabb testháttér).
- A testháttér helyének megválasztása nem megfelelő.
- A beteg nem volt éhgyomorra (p.os izotópbeadásnál)
- Jód felvételt zavaró ételek/gyógyszerek.
- A mérési időpontok rossz megválasztása (effektív felezési idő).
- Elmarad az elnyelődés korrekciója, elmarad a szóráskorrekció.

6. Sugárterhelés

Radio-farmakon	Beadott aktivitás		A legnagyobb dózist kapó szerv mGy/MBq		Effektív dózis MSv/MBq	
	felőtt MBq	gyermek (5 éves) MBq	felőtt	gyermek (5 éves)	felőtt	gyermek (5 éves)
Na ¹³¹ I*	0,15-0,37 po	0,15-0,37 po	pajzsmirigy	360 1900	11	56
Na ¹²³ I*	3,7 -11,1 po	3,7 -7,4 po	pajzsmirigy	3,2 16	0,11	0,54

ICRP 53 és ICRP 80

* 25% felvétel

7. Megjegyzés (nyitott kérdések)

A ^{131}I terápia utáni stunning állapotában a felvétel százalékos értéke és az effektív félidő eltérhet attól, mint amit a terápia előtt mértünk. Még nem tisztázott, hogy ezt a beadandó aktivitás kiszámolásakor során ezt az eltérést hogyan tudjuk figyelembe venni.

8. Ajánlott irodalom

1. Balon HR, Silberstein EB., Meier DA., Charkes ND, Sarkar SD., Donohoe KJ. Society of Nuclear Medicine Procedure Guideline for Thyroid Uptake Measurement Version 3.0, approved September 5, 2006.
www.snm.org
2. Dietlein M., Dressler J., Eschner W., Lassmann M., Leisner B., Reiners C., Schicha H. Procedure guideline for radioiodine test (version 3) für die Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin (DGN) und die Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik (DGMP). Nuklearmedizin 2007; 46: 198–202
3. ICRP Publication 53, Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals, 1994 edition.
4. Valentin J (ed.) : Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals. Addendum to ICRP 53. In: Annals of the ICRP, Vol. 28, Publication 80.