

Porotikus gerinceltérések radiológiai diagnosztikája: a múlt, a jelen és a jövő

Mester Ádám dr.

Összefoglalás: Az áttekintő cikk célja a hagyományos és újabb képalkotó eljárások nyújtotta diagnosztikus lehetőségek összehasonlítása az osteoporosis diagnosztikájában. Röntgenfelvételen a kompenzált (hypertrophiás atrophía) és dekompenzált (biconcav) csigolya eltéréseket lehet jellemezni. A csigolya kompresszió morfometriás meghatározásának reneszánszát a digitális röntgenfelvételi technika tette lehetővé. Porotikus csigolyatörés áll fenn, ha 20%-nál nagyobb a magasság-csökkenés mértéke, és minden további csigolyatörést már 10% magasságcsökkenés alapján ki lehet mondani. Ezen eltérések kimutatása tünetmentes betegek esetében is igen fontos. Az oldalirányú mellkasfelvételen ezek láthatóak, de sajnos ritkán kerülnek leírásra. Álló helyzetű és fekvő készített gerincfelvételeken fontos különbségek láthatók, ha a Cobb féle angulációs szögeket összehasonlítják. A röntgenfelvétel a csigolya-kompresszió dignitására vonatkozóan nem informatív. A csontvelő-ödémát és Gadolinium kontrasztanyag halmozást MRI vizsgálattal lehet kimutatni, ami a nemrég kialakult kompressziót és a régi esemény maradványát segít egymástól elkülöníteni. További információkat nyújthatnak célzott technikák. A pase-in és phase-out grádiens mérések segítségével a porotikus törés esetében megtartott csontvelői zsírtartalom ábrázolható – szemben a tumor invázió miatt kiszorított csontvelővel. A legpontosabb elkülönítést a diffúzió súlyozott technikával ábrázolt cytotoxikus ödéma jelenti. Ennek során az ADC értékek meghatározása kvantitatív jellemzésre ad lehetőséget. Intervenciós radiológiai vagy gerincsebészeti beavatkozáshoz vHRCT is szükséges a kalcifikált csontos kontúrok pontos megítélése céljából.

OSTEOPOROTIC SPINE DISORDERS: PAST, PRESENT AND FUTURE RADIO-DIAGNOSTICS

Review article aims to give list and to compare conventional modalities and recent developments in osteoporosis imaging. Radiography offers distinction in between compensated osteoporosis (hypertrophic atrophy) and decompensated osteoporosis (biconcave endplates). Morphometry based on digital radiographies gives renaissance of a very informative evaluation of compression deformities. Porotic fracture is evident if height decrease is over 20%. Additional porotic fractures of same patient are accepted if level of decrease is over 10%. There is an importance of detecting above changes even if asymptomatic. Chest lateral radiography is very simple information about vertebral compression – unfortunately frequently unreported. Standing patient position versus supine position spine radiography offers very important additional information, if Cobb's angulations are measured. Radiography is not informative related to dignity of vertebral compression. Bone marrow edema and Gadolinium enhancement visualized on MRI offers distinction in between recent compression versus residual status. Additional information about dignity of compression requires more advanced MRI techniques to differentiate osteoporotic versus tumor related compression. In-phase/opposed-phase imaging can differentiate preserved bone marrow fat in porotic versus tumor-replacement and invasion. Most accurate distinction can be achieved if cytotoxic edema in tumor was detected by diffusion weighted imaging and characterized by ADC values. Interventional radiology based or surgical treatments require vHRCT to precise visualization of calcified bony structures.

A csontritkulás különböző stádiumai a csigolyák röntgenfelvételein jól ábrázolódnak. A legenyhébb formában a kompenzált osteoporosis esetében a csontszerkezet mennyiségileg már fogyatkozásnak indult és ritkul már a gerendázat, de még nem csökken a korpusz

magassága. Ilyenkor a gerendázat megfogyatkozása azért nem jár magasságcsökkenéssel, mert a megmaradt gerendázat a teherviselő (vertikális) irányban átrendeződik és kompenzatórikusan megvastagodnak a megmaradt gerendák. Ez a hypertrophiás atrophía jelensége.

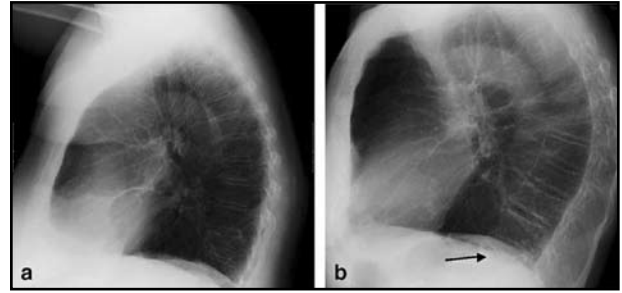


1. kép.

A) Kompenzált osteoporosis: hypertrophiás atrophia, a megfogyatkozott gerendázat vertikális irányú megvastagodása. B) Dekompenzált osteoporosis, a zárólemezek behajlása biconcav deformitást okoz.

A dekompenzált osteoporosis esetében már nem marad meg a csigolyatest eredeti magassága. Ennek első fokozatában a korpusz külső magassága még megtartott, de a zárólemezek behajlása egyre nagyobb fokú és „bikonkáv” csigolya deformitások alakulnak ki. Ennek számszerű meghatározására bevezették a bikonkavitási index arányszámot, mely a csigolyatest legkisebb és legnagyobb magasságának aránya volt és antiporotikus gyógyszerek felírására is jogosította az orvost. Ezt sajnos a feledés homályába száműzte a denzitometria fetisizálása, mely sajnos éppen azon esetekben ad álnegatív eredményt, amikor a meggyengült csigolya lapulásnak indul, emiatt a g/cm^2 érték látszólag megtartott, de ennek ára a csigolya töpörödése.

A digitális radiológia hasonlóan más elfelejtett jó dolgokhoz a bikonkavitási index reneszánszát is meghozta. Kvantitatív digitális morfometriához olyan röntgenfelvételek szükségesek, melyeket film helyett sugár-érzékeny detektor-rendszer útján primer digitalizált kép formájában készítenek el. Ilyen képeken automatikus kontúrkijelöléssel a csigolya kontúrjairól standard kilenc mérési pont kerül rögzítésre és ebből automatizált számítással a



2. kép. Thomas M. Link ábrája.

A) Mellkas röntgenkép éppen fokozott kyphosis háttérében csigolya-kompresszió sejtethető.

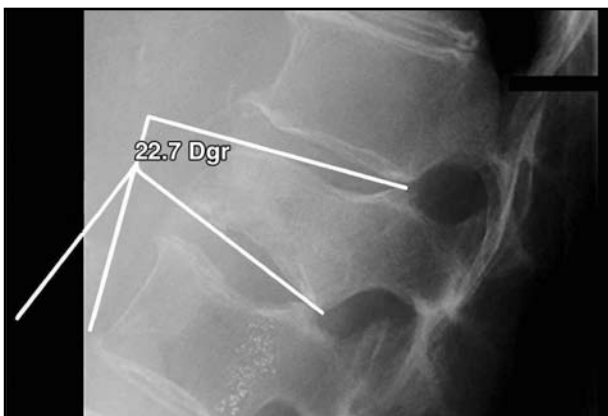
B) Expoziációs korrekcióval porotikus kompressziós csigolyatörés utáni állapot válik láthatóvá. Előnyös, hogy a mellkas felvétel álló helyzetű, és emiatt nagyobb a kompresszió mértéke, mint egy fekvő készült gerincfelvételen lenne. A tünetmentes porotikus kompresszió észlelése és leírása is a radiológus felelőssége.

bikonkavitási index újra felfedezésre került. Kellően jó felbontású fan-beam osteodenzitometriás készülékek is alkalmasak lehetnek ilyen program kezelésére.

A dekompenzált osteoporosis 2. fokozatában már a ventrális magasság is csökken és kialakul az „ékcsigolya deformitás”. Ritkább esetben a ventrális magasság megmarad és a dorzális magasság csökken, kialakul a „fordított ékcsigolya”. A dekompenzált osteoporosis 3. fokozatában a csigolyatest teljes magassága csökken.

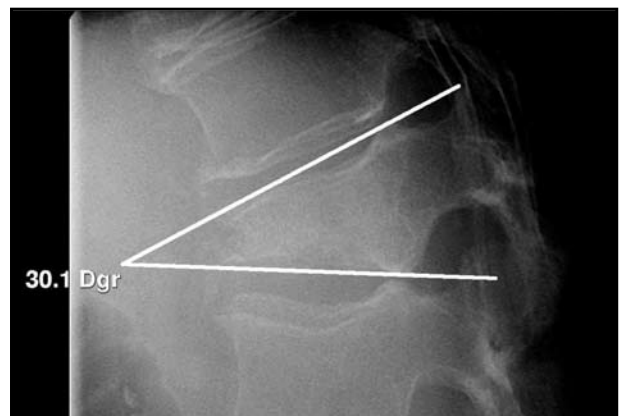
Másik osztályozás vonatkozik arra, hogy a magasságcsökkenés folyamatos elgyengülés, vagy hirtelen törés folytán jött-e létre. A zárólemezekben látható szögletképződés önmagában is törésre utal, de a szögletképződés nélkül is porotikus törésnek minősülnek a 20%-ot meghaladó magasságcsökkenések, illetve második, vagy harmadik csigolya érintettsége esetében már a 10% magasságcsökkenés is porotikus törés jele.

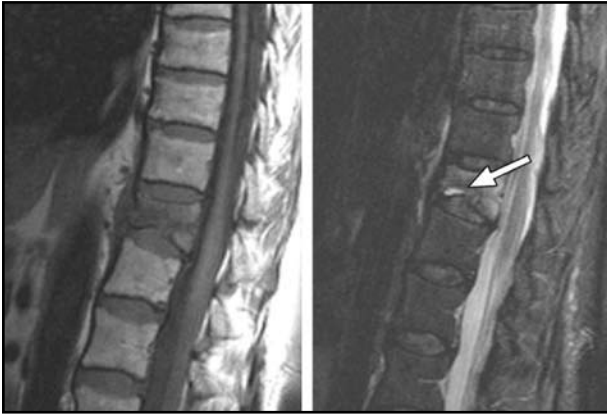
Gyakran alakulnak ki porotikus törések anélkül, hogy eseményhez vagy fájdalom-szenzációhoz tudná kötni a beteg. Jól jelzi a folyamat lényegét a fáradásos törés, más-néven insuficiencia-törés elnevezés.



3. kép. Robert Y. Carlier ábrája.

A) Háti gerinc fekvő helyzetű felvételén a Cobb szög 22,7 fok. B) Álló helyzetű felvételén a Cobb szög 30 fok.

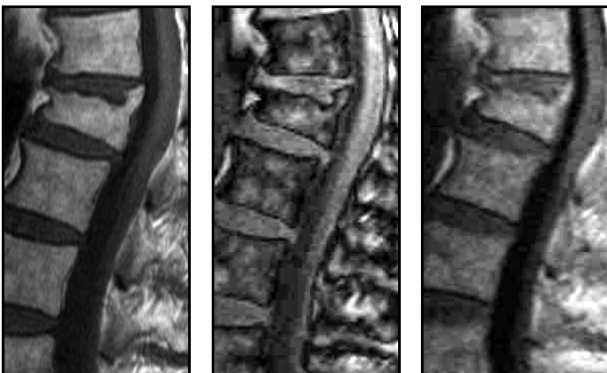




4. kép. Andrea Baur-Melnyk ábrája: vízjel. A csigolya nedvességtartalma friss porotikus törésben is és metasztatikus folyamatban is T1 jelcsökkenést és T2 jelfokozódást mutat. Ezen belül porotikus eredetre utal a sávos, egyenletesebb, erősebb „vízjel”.

Az ilyen törések diagnosztikájában a radiológus felelőssége azért igen nagy, mert véletlenszerű „mellékletként” ezek oldalirányú mellkasröntgen felvételen ott vannak, csak figyelni kell rá és leírni. Az American Journal of Roentgenology (AJR) már 2004-ben megjelentetett cikket, melyben a panaszmentes porotikus betegek csigolyatöréseinek mellkas felvételeken látható előfordulását vizsgálta. A 75 éves átlagéletkorú betegek 22%-ában találtak porotikus törést, ennek azonban csak fele volt a leletekben leírva.. Újabb hasi MDCT (multi-detektorsoros CT) vizsgálat során is ábrázolódnak lumbális törések, csak le kell írni.

Korszerű eljárás az álló helyzetű gerinc vizsgálat céljára kifejlesztett EOS (Electro-Optical-System), mely automatikus kontúrkijelölő és kiértékelő programmal igazán a scoliosis okozta deformitás kvantitatív megítélését szolgálja, de a scoliotikus beteg porotikus deformitásai esetében különösen pontos lehetőséget kínál.



5. kép. Kozawa Eito privát ábrája: Porotikus kompressziós törés A) T1 súlyozott képen. B) opposed phase akvizícióval és C) in phase akvizícióval a csontvelő jeladása hasonló a többi csigolyához, zsír-tartalmát nem szorítja ki idegenszövet.

Ilyen speciális berendezés nélkül is van lehetőség egyszerű álló helyzetű felvételre, sőt szükséges is. A Cobb féle angulációs szögmérést eredetileg a scoliosis osztályozása céljából fejlesztették ki, de a porotikus és metasztatikus megtörés testhelyzettől függő jellemzésére is alkalmas, sőt szükséges. Feltűnően nagy különbség lehet a fekvő és álló helyzetben mért anguláció mértékében és erre – a panaszokat nagyon is befolyásoló változásra – vonatkozó információ sem CT, sem MRI vizsgálat során nem nyerhető.

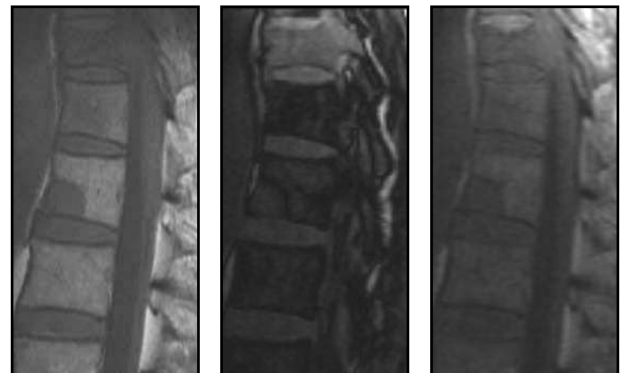
Kiegészítő képalkotó vizsgálatként MRI szükséges annak eldöntése végett, hogy a röntgenfelvételen látható csigolya-kompresszió myelon léziót vagy cauda-rostok érintettségét okozza -e.

További eldöntendő feladat még, hogy a röntgenfelvételen látható csigolya-kompresszió friss, vagy régi esemény következménye. Ehhez kiegészítő, célzott MRI vizsgálatok is kellenek. Nagy előnye továbbá az MRI vizsgálatnak, hogy a kompresszió óta eltelt időtartam megítélésén túl az ehhez vezető csigolya-eltérés dignitására vonatkozóan is informatív. A csigolya-kompressziók hátterében ugyanis osteoporosis mellett egyéb okok is állhatnak: csont-metastasis, myeloma, amyloidosis, leukemia, lymphoma, post-irradiációs zsíros degeneráció, avascularis necrosis.

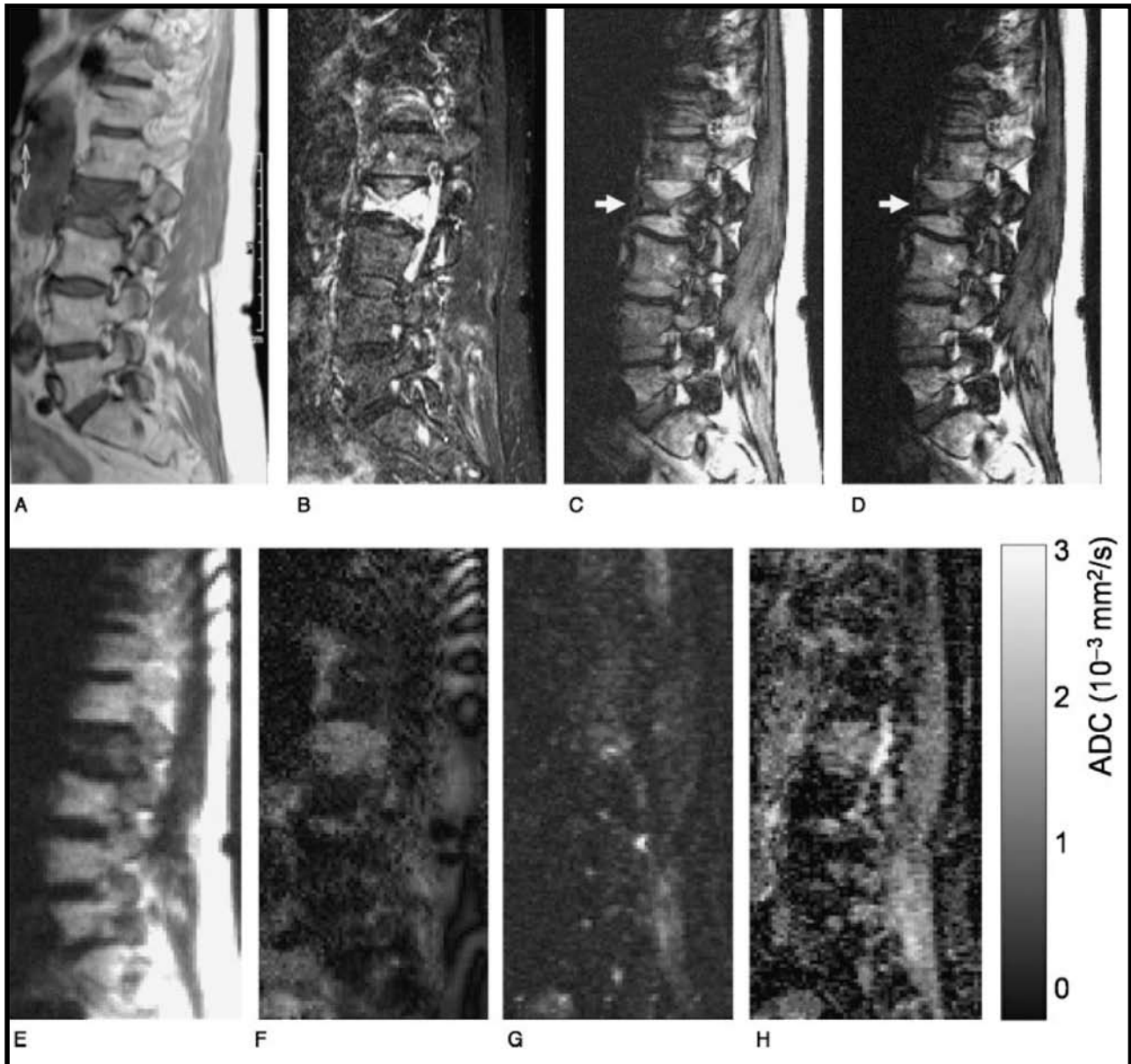
Szokványos rutin csigolya vizsgálatok során spin echo (SE) T1 és T2 mérések készülnek. Ezek alkalmasak a normális csontvelő zsírtartalom változásainak kimutatására. A csontvelő zsírtartalom erős T1 jelet ad és gyenge T2 jelet.

Friss csigolya törés esetében már a kompressziós következmények előtt, és azt követő néhány hónap során is csontvelő-ödéma van jelen, ez jól látható MRI vizsgálattal. A SET1 súlyozott képeken ez jelcsökkenés (sötét) formájában, a SET2 súlyozott képeken pedig jelfokozódás (világos) formájában ábrázolódik.

Típusos porotikus törés utáni csontvelő ödéma esetében az egész csigolya, vagy annak szélesen sávos része



6. kép. Kozawa Eito privát ábrája: Metasztatikus kompressziós törés a felső csigolyán A) T1 súlyozott képen. B) opposed phase akvizícióval jelfokozódás és C) in phase akvizícióval inhomogén jeladás csontvelőeltérést mutat a többi csigolyához képest, mert a zsír-tartalmát kiszorította az idegenszövet.



7. kép. Olaf Dietrich és Andrea Baur-Melnyk ábrája. A) T1 akvizícióval jelcsökkenés. B) STIR szekvenciával jelfokozódás mutatja a csigolya-kompresszióval kapcsolatos csontvelő-ödémát. C) és D) képek: eltérő mértékben diffúzió-súlyozott akvizíciókkal sem látható jelfokozódás, mivel nincs cytotoxicus ödéma és idegen-szövet jelenlétére utalna. E) és F) képeken apparent diffusion coefficient (ADC) eloszlási térkép-változatokon a frissen törött csigolyákban enyhe eltérések láthatók, a G) és H) képeken pedig alig van eltérés.

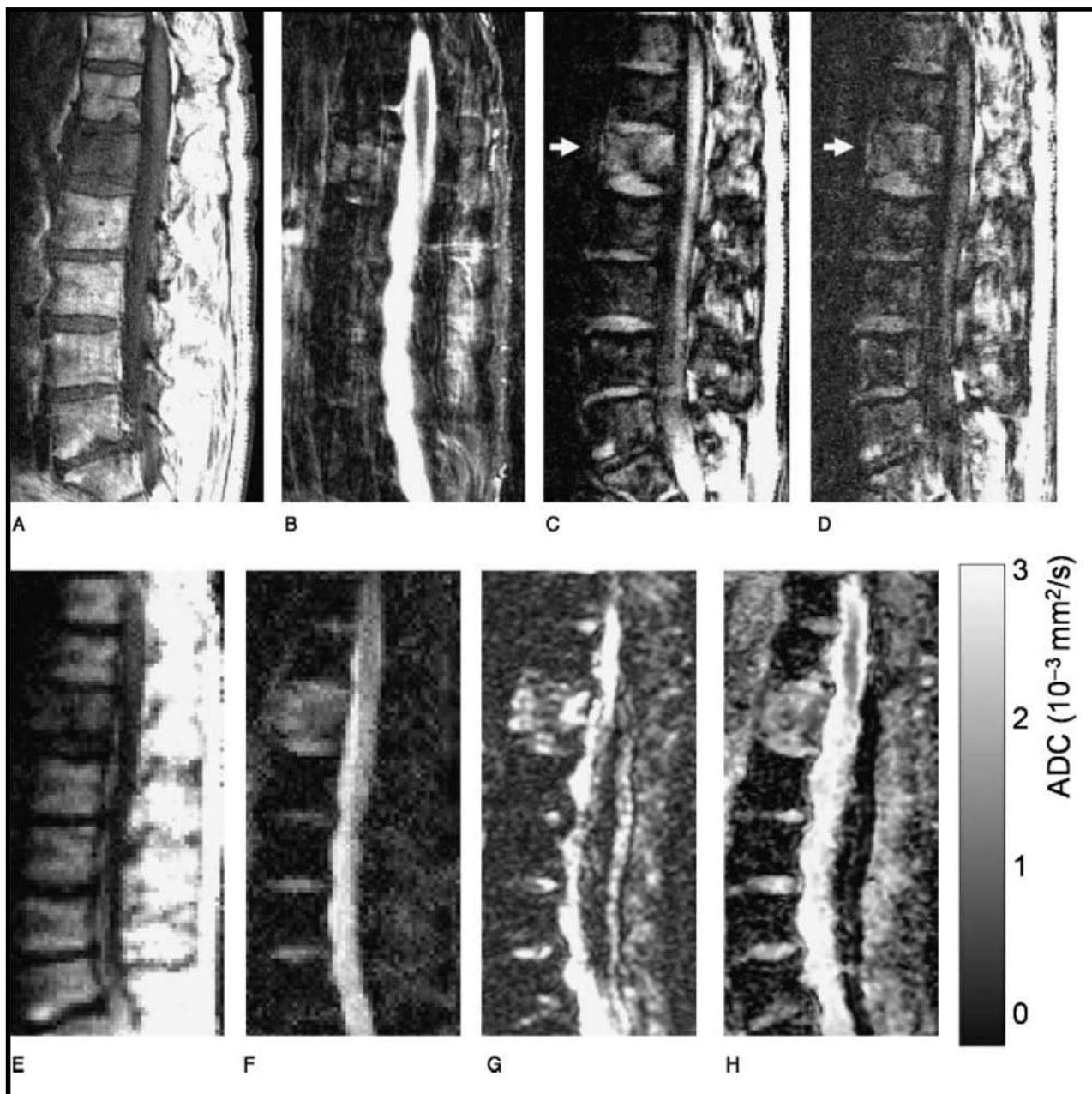
aránylag egyenletes csontvelő-ödémát mutat. Ezt vízjelnek („water sign”) nevezik. Differenciáldiagnosztikailag egyrészt a Modic I. jelet kell megemlíteni, ami két szomszédos csigolyában látható keskeny sávós csontvelő-ödémát jelent az egymásfelé tekintő zárólemez-kontúrok mentén, ilyenkor a porckorongban nincs ödéma. Másrészt spondylodiscitisis esetében is egymásfelé tekintő zárólemez-kontúrok mentén van csontvelő-ödéma, de ilyenkor a porckorong is beteg, ennek állományában is kóros víznyő, valamint kontrasztanyag-halmozás látszik.

Nehezebb differenciáldiagnosztikai probléma adódik metasztatikus csigolya-kompresszió esetében, mely a

porotikus kompresszióhoz hasonlóan csak egy csigolyában, vagy nem-szomszédos csigolyákban szokott fellépni. Típusos esetben körülírtabb, kerekded és nem sávós jellegű ilyenkor a csontvelő-ödéma, a kontraszthalmozás is inhomogénebb és fókális jellegű.

Gyakran fordul azonban elő, hogy nem típusos a morfológiai kép és a porotikus vagy metasztatikus kompressziót biztonságosan el kell egymástól különíteni. Ehhez speciális kiegészítő MR szekvenciákra van szükség.

A célzott MR szekvenciák arra irányulnak, hogy a csontvelő zsírtartalma megőrzött-e a csökkent magasságú csigolyában, vagy idegenszövet szorította-e ki a



8. kép. Olaf Dietrich és Andrea Baur-Melnyk ábrája. A) T1 akvizícióval jelcsökkenés, B) STIR szekvenciával jelfokozódás mutatja a csigolya-kompresszióval kapcsolatos csontvelő-ödémát (mozgási műtermék miatt nem tökéletes képen is). C) és D) képek: eltérő mértékben diffúzió-súlyozott akvizíciókkal jelfokozódás látható, ami cytotoxicus ödémára, idegen-szövetre utal. E) és F) képeken apparent diffusion coefficient (ADC) eloszlási térkép változatokon az idegenszövet cytotoxicus ödémája miatt erősen különböző jeladású eltérések láthatók, sőt a G) és H) képeken pedig még nagyobb fokban ábrázolódik kóros jelfokozódás.

csontvelőt. Ehhez egyik lehetőség zsírelnyomási technikák egyikének alkalmazása. Ilyen a leggyakrabban alkalmazott eljárás, amit a STIR rövidítéssel (short tau inversion recovery) a zsírkivétel módszerének neveznek. Előnye, hogy nagyon kis nedvességet is jelfokozódás formájában kimutat – a jelet ilyenkor nem adó (csontvelőben) zsírban. Hátránya, hogy nem tudja elkülöníteni a csontvelő ödémát (porózis) az idegenszövetből (metastasis), mert mindkettő jel-gazdag formációt mutat.

A zsírelnyomás másik módszere a SPIR rövidítéssel (spectral inversion recovery) zsírtelítés módszerének („fat saturation”) neveznek. Ezt csak a nagy térerejű (legalább 1,5T) berendezésekben lehet elérni. Előnye, hogy a Gadolinium kontrasztanyag által adott jelet nem oltja ki, szemben a STIR alkalmazás ilyen hátrányos hatásával.

A zsírelnyomás harmadik módszere az alacsony térerejű berendezésekben is elérhető „fat separation”, azaz zsír-víz szeparációs szekvencia az elnevezése. Ez nem spin-echo (SE), hanem gradiens echo (GRE) eljárás.

Szoros időzítési különbségek regisztrációján alapul, akkor végzik az egyik igen rövid mérést, amikor a víz és a zsír éppen együtt adnak jelet („in phase”). A másik igen rövid méréskor éppen ellentétes (opponált) fázisban adnak jelet („opposed phase”). Ezeket a képeket egymással összeadva a víz jelét, egymásból kivonva pedig zsír jelét lehet külön-külön ábrázolni, vagy ezeket egyesítve a víz világos jelet ad, a zsír egészen sötét marad.

A három zsírelnyomási eljárás közül az első kettőben egyáltalán nem különböznek az intersticiális ödéma (porosis) miatt nedves és az egyéb nedvességtartalmú, a zsírszövetből eltérő sejtes képletek. Ez ugyanis sajnos független attól, hogy magasabb cellularitású metastasisről, vagy pedig jóindulatú, rendezett sejtes képletről van-e szó.

A legkorszerűbb MRI technikával már különbség tehető a cellularitáson belül is a nedvességtartalom jellege, illetve intracelluláris és extracelluláris eloszlása alapján. Erre a célra a korai agyi stroke kimutatására kifejlesztett diffúzió súlyozott MRI technikának a teljes test vizsgálatokra továbbfejlesztett változata vált alkalmassá. Az eljárással a vizenyők között a víztartalmuk kötöttségének mértéke szerint lehet különbséget tenni. A mérések sorozata a Brown mozgás meglétét vagy hiányát, illetve annak mértékét detektálja. Ezzel a lézió súlyosságát jellemzi. Súlyos sejtkárosodások (hirtelen agyi hypoxia okozta anyagcserezavar, túlzott sejtburjánzás metastasisban) esetekben citotoxikus ödéma alakul ki és az intracelluláris protonok száma erősen megnő. Ez a protonok mobilitását gátolja, a diffúzió csökken, ezért a primer diffúziós képen jelfokozódás látható. Az ADC (apparent diffusion coefficient) csökkenésének mértéke a károsodás kvantitatív jellemzésére is alkalmas.

A csigolya-kompressziók ödémás formái – akár friss porotikus törés, akár metasztatikus cytotoxikus ödéma okozza – a különböző zsírelnyomási szekvenciákkal hasonlónak mutatkozhatnak. Diffúzió súlyozott szekvenciák alkalmazásakor azonban lehetőség van változtatni a diffúzió súlyozottság mértékén, és ezzel lehetővé válik a biztonságos elkülöníthetőség az eltérő okból kialakult, eltérő proton-sűrűséget okozó vizenyőtípusok között.

További képalkotó diagnosztikai feladat még annak eldöntése is, hogy stabil maradt-e a csigolya, vagy instabilitást okozó törés alakult-e ki. Arra is választ kell továbbá adni, hogy van-e kontúr-megszakadás a spinalis canalis felé tekintő kontúrokon. Ezeket a kérdéseket nagy részletgazdagságú vHRCT (volumetrikus high resolution CT) vizsgálattal lehet kellő pontossággal vizsgálni. Ennek során a vékonyrétegű keresztmetszeti mérésekből valóság-hű sagittális, coronális vagy ferde metszetek képei állíthatók elő, és látványos 3D felszín-rekonstruált képek is nyerhetők. Eldönthető így, hogy a kontúrok folytonossága megtartott, vagy megszakadt. Ezek ismerete a gerincsebészeti beavatkozás helyes megválasztásához nélkülözhetetlen.

Fentiek alapján a porotikus csigolya-kompressziók diagnosztikai algoritmusa alábbiak szerint foglalható össze:

- Röntgenfelvétellel kezdődik a kivizsgálás. Fekvő és álló helyzetben is kívánatos lenne ennek elvégzése, beleértve a Cobb féle angulációs szögméréseket is.
- A csigolyatest elülső és hátulsó kontúrájának konkáv formája inkább porotikus-, konvex formája pedig metasztatikus csigolya-lézióra utal.
- Porotikus kompresszió esetében MRI vizsgálattal lehet csak kimutatni a myelonra illetve cauda-rostokra vonatkozó károsodásokat. További kiegészítő – zsírelnyomással kombinált – MRI szekvenciák alkalmazásával eldönthető, hogy friss beroppanásról van-e szó. Ez ugyanis csontvelő ödémával jár, melynek kimutatása akut gerincsebészeti beavatkozás elvégzése előtt nélkülözhetetlen.
- Metasztatikus csigolya-kompresszió és aktuális porotikus kompresszió esetében egyaránt Gadolinium kontrasztanyag halmozás-fokozódás látható. Egyenletes halmozás elsősorban porotikus összeroppanásra utal, ezzel szemben egyenetlen, körülírtan erősebb halmozás inkább metasztatikus folyamat irányába tereli a gyanút.
- Differenciáldiagnosztikailag legmegbízhatóbb eljárást a diffúziós MRI vizsgálat olyan képsorozata kínál, melyeket különböző mértékben diffúzió-súlyozott mérésekből hoznak létre. Ezzel dönthető el biztonságosan, hogy mi okozza a csigolya-kompressziót.
- Gerincsebészeti beavatkozások módszerének megválasztásához, az intervenciós eljárások valamelyikével megoldható, vagy más kisebb beavatkozással ellátható, esetleg nagy műtétet igénylő helyzetek felméréséhez a kalcifikált struktúrák és kontúrok vHRCT vizsgálata is szükséges.

Irodalom

- Kim N, Rowe BH, Raymond G, Jen H, Colman I, Jackson SA, Siminoski KG, Chahal AM, Folk D, Majumdar SR.* Underreporting of vertebral fractures on routine chest radiography. *AJR Am J Roentgenol.* 2004.182.2.297-300.
- Link TM, Guglielmi G, van Kuijk C, Adams JE.* Radiologic assessment of osteoporotic vertebral fractures: diagnostic and prognostic implications. *Eur Radiol.* 2005 15.1521-32.
- Carlier RY, Gordji H, Mompoin DM, és mtsai* Osteoporotic vertebral collapse: percutaneous vertebroplasty and local kyphosis correction. *Radiology.* 2004 233.891-8.
- Baur(-Melnyk) A, Stäbler A, Arbogast S, és mtsai* Acute osteoporotic and neoplastic vertebral compression fractures: fluid sign at MR imaging. *Radiology.* 2002.225.730-5.
- Eito K, Waka S, Naoko N, és mtsai.* Vertebral neoplastic compression fractures: assessment by dual-phase chemical shift imaging. *J Magn Reson Imaging.* 2004.20.1020-4.
- Dietrich, O, Andreas Biffar A, Reiser M, Baur-Melnyk A.* Diffusion-weighted imaging of bone marrow. *Sem. Musculoskelet.Radiol.* 13.2.2009.134-44.