

A képi diagnosztikai adatmennyiség, esetszám, valamint a diagnosztikus munkaterhelés emelkedése egy magyar klinikai centrumban

Botz Bálint dr. ■ Tóth András dr. ■ Bogner Péter dr.

Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar és Klinikai Központ, Orvosi Képző Klinika, Pécs

Bevezetés: A radiológiai vizsgálatok száma és a vizsgálati komplexitás (képszám és adatmennyiség) az elmúlt évtizedekben a nemzetközi tapasztalatok szerint jelentős mértékben nőtt.

Célkitűzés: Vizsgálatunk célja annak meghatározása volt, hogy hogyan változott centrumunkban a különböző képalkotó vizsgálatok száma és komplexitása, valamint az orvos dolgozók létszáma.

Módszer: A képi diagnosztikai rendszerben 2012 és 2023 között archivált vizsgálatok számát és azok jellemzőit éves bontásban elemeztük összességében és modalitásonként, valamint jellemző vizsgálati típusonként is. Mindezt összevetettük a klinika humán erőforrására vonatkozó adatokkal.

Eredmények: A bázisévhez képest a teljes éves képi adatmennyiség (200,7%), képszám (506,3%) és vizsgálati szám (69,4%) 2023-ra egyaránt jelentősen nőtt. A képszám a legnagyobb mértékben (3161%) az angiográfiás vizsgálatoknál, a legkevésbé a hagyományos röntgenvizsgálatoknál (34,4%) emelkedett. Az archivált éves vizsgálati szám az ultrahang esetében (447,9%) mutatta a legnagyobb, a röntgenvizsgálatok esetében pedig a legkisebb (9,2%) emelkedést. Az egyes típusos, gyakori vizsgálatokat nézve a CT-vizsgálatok képszáma mutatta a legkifejezettebb (50–140%) emelkedést. Az egy szakorvosra jutó éves vizsgálati (66,6%) és képszám (496,3%) jelentősen emelkedett. Az emelkedő vizsgálati számokban a COVID-19-pandémia átmeneti visszaesést okozott.

Megbeszélés: A vizsgált időszakban a keresztmetszeti képalkotók, ultrahangvizsgálatok, valamint intervenciós angiográfiás vizsgálatok számában is jelentős növekedés volt megfigyelhető. A hagyományos röntgenvizsgálatok száma ugyanakkor csak kismértékben nőtt. Az emelkedő képszám és vizsgálati komplexitás részben a technológiai fejlődés és a megváltozott archiválási szokások következménye. Ugyanakkor a vizsgálati számokban is jelentős növekedés következett be, mellyel a rendelkezésre álló humán erőforrás nem tartott lépést. A COVID-19-járvány idején a vizsgálati számok visszaesése jól mutatja az elektív és szűrő diagnosztikához való csökkenő hozzáférést a pandémia alatt.

Következtetés: A nemzetközi tapasztalatokkal összhangban a képalkotó vizsgálatok komplexitását és számát tekintve is jelentős emelkedés, így pedig növekvő munkaterhelés jellemezte a vizsgált időszakot. Átfogó, rendszerszintű megoldások szükségesek ahhoz, hogy mindez ne a betegbiztonság romlását idézze elő.

Orv Hetil. 2024; 165(48): 1894–1903.

Kulcsszavak: terhelés, radiológia, radiológusok, munkaerő

Increase in the radiology imaging case volume and workload in a Hungarian university clinical center

Introduction: The number and complexity of radiological examinations (number of images, data volume) have significantly increased in the recent decades.

Objective: We aimed to determine how the number of medical imaging examinations and their complexity, as well as the trends of radiology workforce have changed in the last decade in our clinical center.

Method: We analyzed the number and characteristics of medical imaging studies archived in the picture archiving and communication system between 2012 and 2023. This analysis was compared with data on the radiologist resources of the department.

Results: Compared to the base year, by 2023, there was a substantial increase in annual imaging data volume (200.7%), number of images (506.3%), and number of examinations (69.4%). Image number increased the most in angiography (3161%) and the least in conventional X-ray examinations (34.4%). Annual archived study volume showed the highest increase in ultrasound (447.9%) and the lowest in X-ray examinations (9.2%). CT examinations exhibited the largest increase in image numbers (50–140%) among specific, common examination types. Annual examinations

(66.6%) and image numbers per consultant (496.3%) significantly increased. The COVID-19 pandemic caused a temporary decline in the number of studies.

Discussion: During the studied period, significant growth was observed in cross-sectional imaging, ultrasound examinations, and interventional angiography but not in x-ray. This growth partly stems from technological advances and changing data archival practice. The substantial growth in examination numbers and image data was not matched by available human resources. The decline in examination numbers during the COVID-19 pandemic highlights reduced access to elective and screening diagnostics.

Conclusion: Consistent with international trends, the period under review witnessed significant increases in the complexity and number of imaging examinations, resulting in considerable workload growth. Comprehensive, systemic solutions are needed to prevent compromising patient safety.

Keywords: workload, radiology, radiologists, workforce

Botz B, Tóth A, Bogner P. [Increase in the radiology imaging case volume and workload in a Hungarian university clinical center]. *Orv Hetil.* 2024; 165(48): 1894–1903.

(Beérkezett: 2024. augusztus 3.; elfogadva: 2024. szeptember 16.)

Rövidítések

3D = háromdimenziós; COVID-19 = (coronavirus disease 2019) koronavírus-betegség 2019; CT = (computed tomography) komputertomográfia; DICOM = (Digital Imaging and Communications in Medicine) digitális képalkotás és kommunikáció az orvostudományban; DSA = digitális szubtrakciós angiográfia; FTE = (full-time equivalent) teljes munkaidős egyenérték; MR = (magnetic resonance) mágneses rezonancia; PACS = (picture archiving and communication system) képi diagnosztikai archiválórendszer; POCUS = (point-of-care-ultrasound) ágy melletti ultrahangvizsgálat; PTE = Pécsi Tudományegyetem; RVU = (relative value unit) radiológiai egység

Az orvosi képalkotó vizsgálatok iránti növekvő igény globális trend, mellyel párhuzamosan a vizsgálatok komplexitása (az egyes vizsgálatok adatmennyisége, képszáma, rekonstrukciók/szekvenciák száma – összességében az értékelés időigénye) is folyamatosan nő. A jelen-séghez az ellátás és a technológia színvonalának emelkedése, a javuló hozzáférés és az általános digitalizáció mellett kedvezőtlen folyamatok – mint a defenzív medicina térhódítása – is hozzájárultak. A nemzetközi gyakorlatból ismert, hogy a vizsgálati számok és a vizsgálati komplexitás az elmúlt évtizedekben egységesen emelkedett. Egy közelmúltbeli svédországi retrospektív vizsgálatban 2009 és 2022 között a CT- és MR-vizsgálatoknál a vizsgálati szám 87%-os és 101%-os növekedését figyelték meg. Eközben ugyanakkor a képszám (459% és 364%) és a képi adatmennyiség (525% és 412%) is jelentősen nőtt [1]. Ezzel együtt a percnként értékelendő képszám (CT és MR esetében) az 1999. évi 2,9-ről már 2010-re 16,1-re nőtt [2]. Egy másik tanulmány 2005 és 2020 között szintén az egy képre jutó átlagos leletezési idő jelentős csökkenését (16 mp vs. 2,9 mp) találta, ami jól jelzi a fokozódó munkaterhelést [3]. Mivel a tényleges leletezési időt az egyéb kapcsolódó tevékenységek (például konzultációk, telefonos egyeztetések és vizsgá-

latkérések) csökkentik, egyes szerzők szerint a képenkénti valós leletezési idő napjainkra a keresztmetszeti képalkotó vizsgálatoknál 1 mp alá csökkent [4]. A növekedés mértéke miatt a rendelkezésre álló radiológiai humán erőforrás egyre kevésbé tud mindezzel lépést tartani, ami a hazai diagnosztika számára is mind nagyobb kihívást jelent [4–6]. A munkaterhelés mértéke ugyanakkor a betegbiztonság szempontjából sem közömbös, mivel az adott radiológusra jellemző átlagos leletezési sebesség feletti munkatempó és terhelés a diagnosztikus diszkrepanciák jelentős emelkedését idézi elő [7, 8]. Az is bizonyított, hogy a leletezési diszkrepanciák gyakoribbak a nagyobb leletezendő vizsgálati számok és hosszabb műszakok esetén [9]. Bár a köznyelvben nagy figyelmet kap, ugyanakkor a mesterséges intelligencián alapuló megoldások alkalmazása az eddigi tapasztalatok szerint csak jelzetten csökkenti, sőt sok esetben növeli a radiológiai munkaterhelést [10–12], továbbá a betegellátásra gyakorolt hatásokról is kevés az adat.

A hazai környezetben nem áll rendelkezésre átfogó elemzés a képalkotó centrumok vizsgálati számairól és azok komplexitásáról (a komplexitáson értve a vizsgálat értékelésének erőforrásigényét), az elmúlt időszak trendjeiről. Ugyanakkor a hazai vizsgálati terhelésben már régóta ismert egy jelentős területi egyenlőtlenség [13, 14]. Célunk ezért a Pécsi Tudományegyetem Orvosi Képalkotó Klinikájának (korábban Radiológiai Klinika) teljes, a képi diagnosztikai archiválórendszerben (picture archiving and communication system – PACS) rögzített vizsgálati anyagának áttekintése volt az elérhető (a PACS által teljeskörűen archivált) időszakban (2012–2023). A vizsgált periódusra esett ugyanakkor a COVID-19-pandémia időszaka is, melyben a képalkotó diagnosztika fontos szerepet kapott, ugyanakkor a járvány jelentősen korlátozta különösen az elektív egészségügyi ellátáshoz való hozzáférést [15]. Ez ugyanakkor lehetőséget is adott a vizsgálati számok és trendek ennek hatására bekövetkezett változásainak vizsgálatára is.

Módszer

A retrospektív vizsgálat során a 2012 és 2023 közötti időszakot tekintettük át. A vizsgálat keretét a PTE Klinikai Központ Orvosi Képző Klinikája által használt Aspyra MedVIEW PACS (Aspyra, LLC, Jacksonville, FL, USA) által egységesen rögzített időszak határolta be. A képi adatmennyiséget technikai okokból 2013 és 2023 között tudtuk elemezni, mivel a PACS a korábbi visszatöltött vizsgálatokat a 2012-es bázisához számolja. Vizsgálatunkat tudományos adatgyűjtési kérelem birtokában (KK-1536-1/2024, KK-1536-2/2024), valamint a Regionális Kutatásetikai Bizottság engedélyével (9925-PTE 2024) végeztük.

Első lépésként a PACS adminisztrátori felületének adatkezelési és elemzési funkciójával éves bontásban meghatároztuk a teljes tárolt képi adatmennyiséget, valamint vizsgálati képszámot. Ezt követően fő modalitásonként (hagyományos röntgen-, CT-, MR-, ultrahangvizsgálat, angiográfia) felmértük az adott módszerhez tartozó éves vizsgálati és képszámokat.

A vizsgálat során célunk volt az egyes jellegzetes vizsgálati típusok és régiók (például koponya-MR, mellkas-CT) jellemző képszámának, valamint ezek változásának felmérése. Ehhez anonim módon a teljes adott évi vizs-

gálati regiszterben határoztuk meg az egyes jellegzetes vizsgálati típusok átlagos képszámát. A vizsgálati terhelésnek a humán erőforrás változásához viszonyított trendje megítélésére összevetettük a fenti indikátorok és az orvos dolgozók FTE (full-time equivalent) szerint normalizált létszámát.

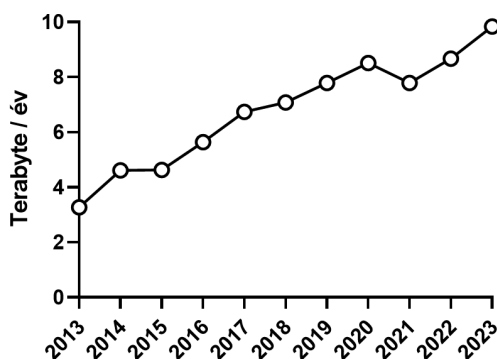
Eredmények

A teljes képi adatmennyiség, valamint vizsgálati szám változása 2012 és 2023 között

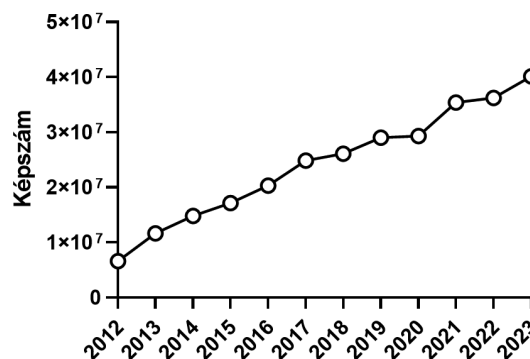
Az éves képi adatmennyiség a 2013-as bázisához (3,27 Tbyte) képest 2023-ra (9,84 Tbyte) 200,7%-os növekedést mutatott. Az éves vizsgálati képszám változása ennél is nagyobbak bizonyult: 2012 és 2023 között 506,3%-os növekedés (6 624 437 vs. 40 162 808) volt megfigyelhető, miközben az adatmennyiségre eső képszám csak elenyésző mértékben nőtt. A PACS-ban archivált éves vizsgálati szám ugyanebben a periódusban 69,42%-kal nőtt (97 435 vs. 165 077 – 1. ábra).

A 2012-es (MR esetében 2016-os) bázisához képest a képszám lényegében minden modalitásban külön-külön nézve is jelentősen nőtt: a legnagyobb növekedés az angiográfia esetében volt megfigyelhető (3161%), míg a

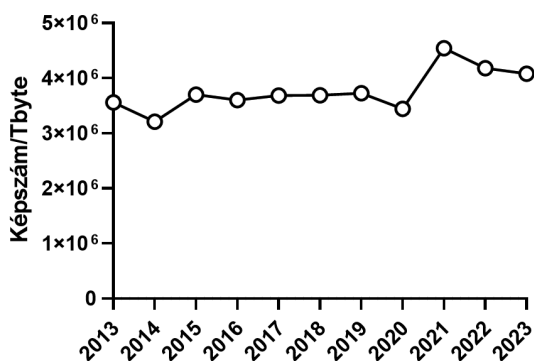
A



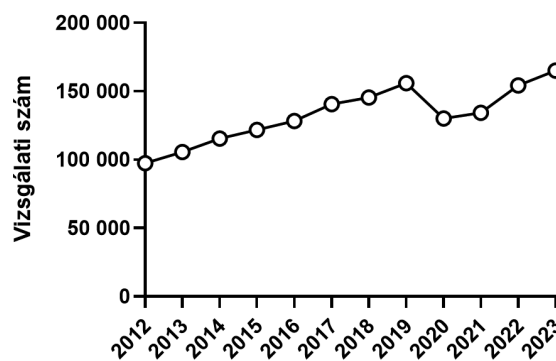
B



C



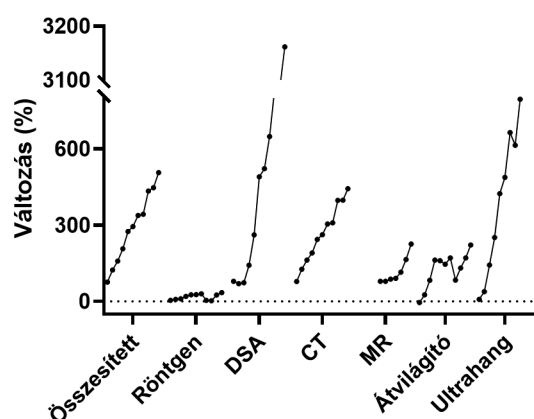
D



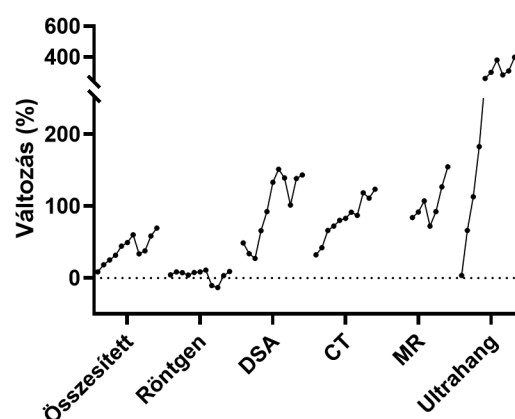
1. ábra

A) Az éves képi összedatmennyiség és B) képszám változása. C) A képszám és az adatmennyiség arányának változása. D) Az összes vizsgálati szám évenkénti bontásban

A



B



2. ábra

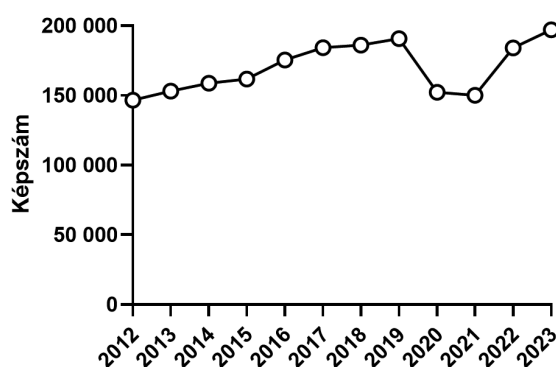
A modalitásonkénti normalizált A) képszám és B) vizsgálati szám változása a bázisévhez képest (2012, MR esetében 2016), százalékban kifejezve
DSA = digitális szubtrakciós angiográfia, CT = komputertomográfia, MR = mágneses rezonancia

legcsekélyebb változás a hagyományos röntgendiagnosztika esetében mutatkozott (34,4%). A vizsgálati számokat nézve a bázisévhez képest 2023-ra az ultrahang mutatta a legnagyobb növekedést (447,9%). A legcsekélyebb változás ez esetben is a hagyományos röntgenvizsgálatok számában (9,2%) történt (2. ábra).

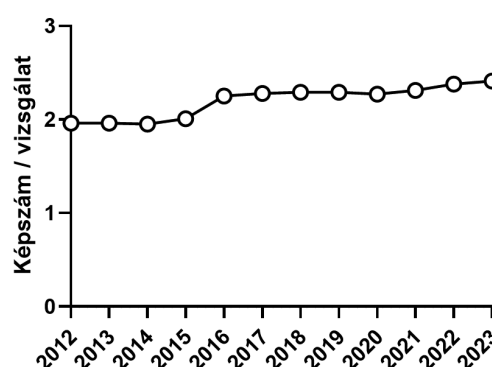
A hagyományos röntgendiagnosztika és átvilágítás trendjei

A hagyományos röntgenvizsgálatok éves képszáma 2012 és 2023 között 34,4%-os növekedést mutat (146 629 vs. 197 119), miközben az egy vizsgálatra eső átlagos kép-

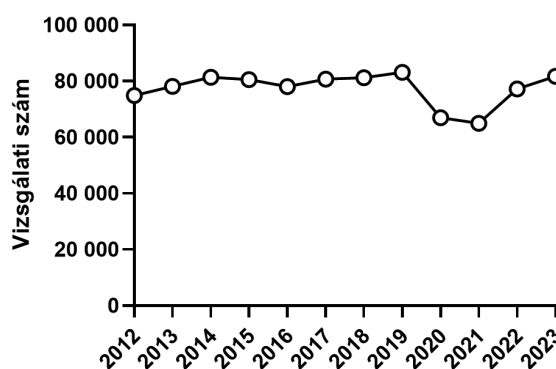
A



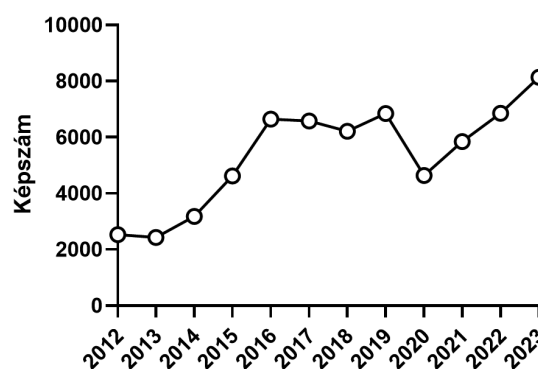
B



C



D



3. ábra

A hagyományos röntgenvizsgálatok A) összes képszáma és B) a vizsgálatok átlagos képszáma évenkénti bontásban. C) A hagyományos röntgen- és átvilágításos vizsgálatok száma, D) az átvilágításos vizsgálatok képszáma

szám 22,95%-kal emelkedett (1,96 vs. 2,41). Az éves vizsgálati szám a periódusban 9,17%-kal nőtt (74 852 vs. 81 716), ugyanakkor figyelemre méltó, hogy a 2020., illetve 2021. évben a bázisévhez képest is 10,54%-os, illetve 13,2%-os csökkenés volt megfigyelhető. Az átvilágításos vizsgálatok éves képszám a vizsgált időszakban 221,91%-kal nőtt (2528 vs. 8138 – 3. ábra).

Angiográfiás vizsgálati számok és képszám

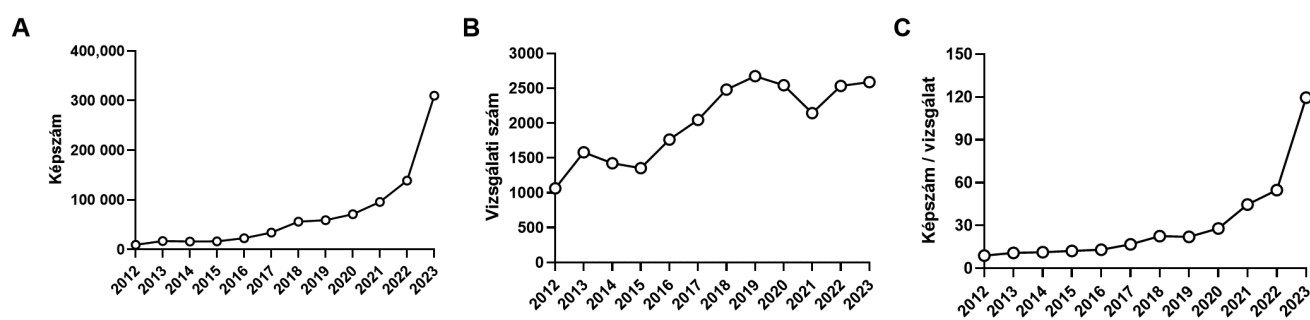
Az angiográfiás vizsgálatok képszám a nagyon jelentős: 3161%-os növekedést mutatott a vizsgált időszakban (9495 vs. 309 670). Az egy vizsgálatra eső átlagos képszám 8,92-ről 2023-ra 119,61-re nőtt, ami 1240%-os növekedés. A vizsgálatok száma szintén jelentősen növekedett: míg 2012-ben 1064, addig 2023-ban 2589 ilyen vizsgálatot archiváltak a PACS-ban, ami 143,3%-os növekedés (4. ábra).

CT-diagnosztikai trendek

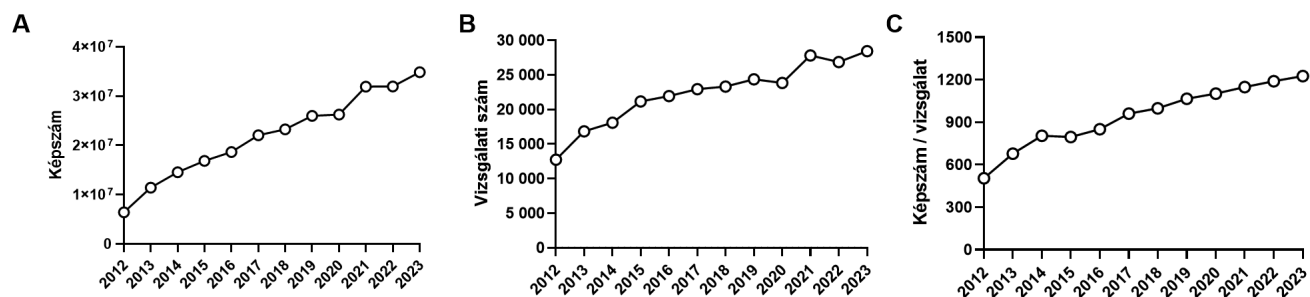
Mivel a CT-diagnosztikában az összes vizsgálatot a teljes periódusban kizárólagosan a PACS-ban archiválták, ennél a modalitásnál az adatok pontossága nagy. 2012-ben 6 418 647 kép készült, ehhez képest 2023-ban már 34 845 646, ami jelentős, 442,9%-os növekményt jelez. Az egy vizsgálatához tartozó átlagos képszám 143%-kal nőtt (504,17 vs. 1225,49). Az éves vizsgálati szám eközben szintén 123,3%-kal nőtt: a 2012-es 12 731 vizsgálatához képest 2023-ban már 28 434 ilyen vizsgálat történt (5. ábra).

Az MR-vizsgálatok számának változása

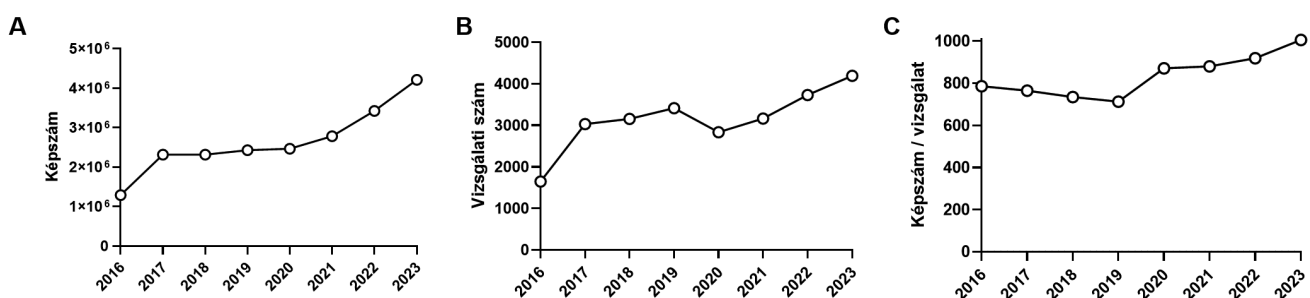
Mivel a Klinika 2016 előtt nem rendelkezett MR-készülékkel, ebben az esetben ez az első év volt az összehasonlítási alap. Az éves képszám 225,5%-kal (1 294 420 vs.



4. ábra A diagnosztikus és terápiás intervenció angiográfiás vizsgálatok A) képszámának, B) vizsgálati számának változása, valamint C) az egy vizsgálatra eső képszám



5. ábra A CT-vizsgálatok A) képszámának, B) vizsgálati számának változása, valamint C) az egy vizsgálatra eső képszám
CT = komputertomográfia



6. ábra Az MR-vizsgálatok A) képszámának, B) vizsgálati számának változása, valamint C) az egy vizsgálatra eső képszám
MR = mágneses rezonancia

4 213 876), a vizsgálati szám 154,5%-kal (1647 vs. 4192), az egy vizsgálatra eső átlagos képszám ugyanakkor csak 27,86%-kal (786 vs. 1005) emelkedett (6. ábra).

Trendek az ultrahang-diagnosztikában

Az éves rögzített ultrahangvizsgálati képszám a vizsgált időszakban nagymértékben: 1101%-kal nőtt (49 666 vs. 596 497). Ezzel összhangban a vizsgálati szám is jelentősen nőtt (447,9%, 8788 vs. 48 146). A 2020–2021-es „COVID-időszak” átmeneti visszaesése ennél a modalitásnál is szembeötlő. A vizsgálatonkénti képszám szintén nőtt (119%: 5,7 vs. 12,4 – 7. ábra).

A vizsgálati számoknak a személyi állományhoz viszonyított változása

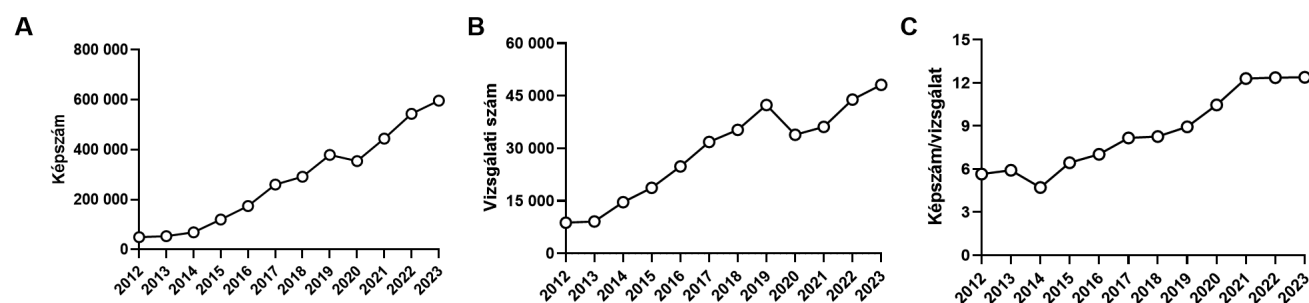
A klinika FTE-re normalizált szakorvosi létszáma a vizsgált időszakban nem változott érdemben, míg a rezidensi létszámban az elmúlt évtized második felében történt egy gyors emelkedés, ennek megfelelően az összes orvos dolgozó létszáma is kissé nőtt. Ennek eredményeként a vizsgált időszakban a szakorvosokra (496,3%: 220 815 vs. 1 316 813) és az összes orvos dolgozóra (389,9%: 165 611 vs. 811 370) eső éves képszám is jelentősen emelkedett. Az éves vizsgálati szám a szakorvosokra (66,6%: 3248 vs. 5412) és az összes orvosra vonatkoz-

tatva (36,9%: 2436 vs. 3335) is emelkedett. A 2020–2021-es évek átmeneti visszaesése itt is jól megfigyelhető (8. ábra).

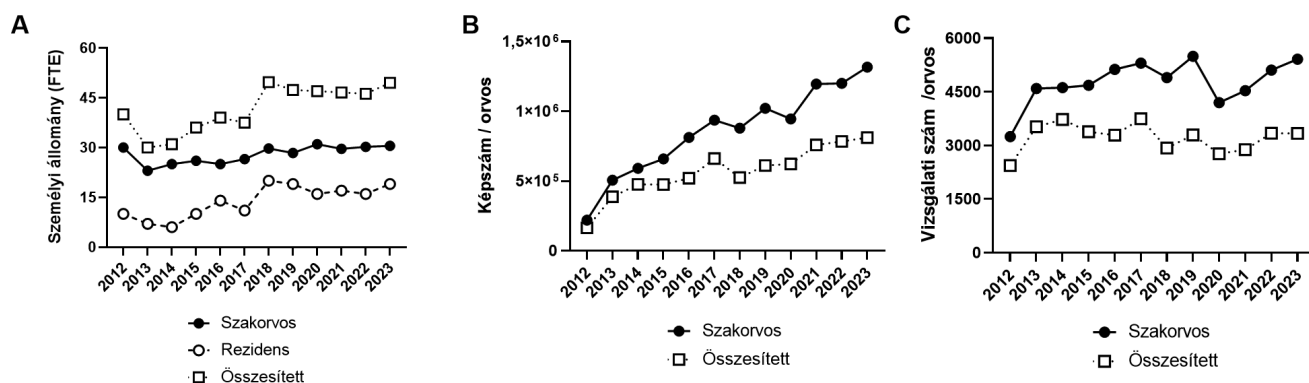
A típusos ultrahang-, CT- és MR-vizsgálatok átlagos komplexitásának változása

Mivel a modalitásokra eső képszám nem feltétlenül tükrözi az egyes specifikus régiókra vagy vizsgálati típusokra jellemző trendeket, néhány reprezentatív és gyakori vizsgálati típusnál célzottan elemeztük a vizsgálati képszámok változását. Ehhez azokat – vizsgálatban a teljes időszokban egységesen használt – az ún. régiókódokat vettük figyelembe, amelyeket minden vizsgálatnál rögzítenek, és amelyek egyértelműen azonosítják a modalitást és a régiót (például MELKCT – mellkas-CT-vizsgálat). Ezek segítségével modalitásonként és évenként a teljes vizsgálati listán szűrést végeztünk, és a képszámokat típusonként átlagoltuk.

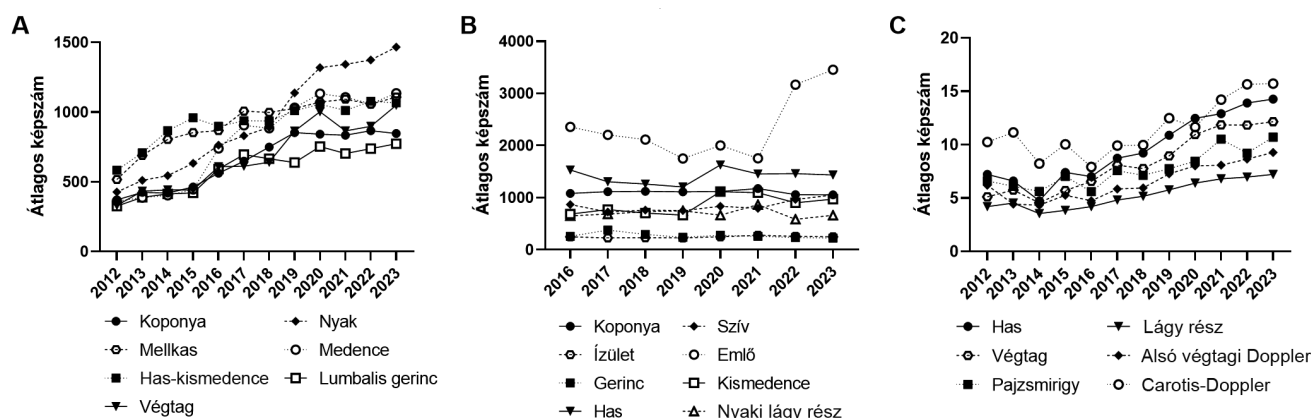
Az ultrahangvizsgálatoknál technikai okokból csak a mentett egyedi képek számát lehetett automatikusan kinyerni a PACS-ból az adatgyűjtés során, a jellemzően nagy képszámú, de ritkábban használt képsorozatokét (cine loop) nem. A képszámokat tekintve néhány gyakori vizsgálatot nézve 50–140%-os emelkedés volt megfigyelhető. A CT-vizsgálatok esetében az előbbinél nagyobb: 137–240%-os növekedés volt megfigyelhető



7. ábra | Az ultrahangvizsgálatok A) képszámának, B) vizsgálati számának változása, valamint C) az egy vizsgálatra eső képszám



8. ábra | A) A klinika személyi állományának, B) a szakorvosokra és az összes orvosra eső éves képszámnak és C) a vizsgálati számnak a változása



9. ábra | Egyes gyakori vizsgálati régiók jellemző képszámának változása A) CT-, B) MR-, C) ultrahangvizsgálatok esetében
CT = komputertomográfia, MR = mágneses rezonancia

minden vizsgált régiónál. Az MR-vizsgálatokat nézve jelentős emelkedés (46%) az emlő-MR-vizsgálatok képszámában volt megfigyelhető, ugyanakkor számos régió esetén a vizsgálati képszám stagnált, sőt egyes régióknál kissé csökkent is (például lumbalis gerinc: -13%) (9. ábra).

Megbeszélés

Vizsgálatunk eredményeként megállapíthatjuk, hogy a nemzetközi evidenciákkal összhangban mind a képi adatmennyiség és képszám, mind pedig az összes vizsgálati szám jelentősen nőtt az elmúlt évtizedben. A rendelkezésre álló szakorvosi létszám – a szakorvosjelöltek létszámának növekedése ellenére – nem változott érdemben, így a normalizált radiológiai munkaterhelés jelentősen növekedett. A vizsgálati komplexitás és esetszám együttes növekedése ráadásul egymást erősítő hatású, miközben egyre több vizsgálat készül, azok átlagos komplexitása is nőtt.

A képszám és az adatmennyiség közelítő adatok, melyek nem szükségszerűen becsülik meg jól egy adott vizsgálat komplexitását, azonban egy teljes klinikai összes vizsgálatának egységes, *big data* elemzése során az ebből adódó torzító hatások elsimulnak, így ezek a könnyen kinyerhető és metrizálható indikátorok jól használhatók a vizsgálati trendek felmérésére. Vizsgálatunk fontos eredményének tartjuk az egyes modalitásokra jellemző individuális trendek meghatározását.

A hagyományos röntgenvizsgálatok száma és képszáma csak minimálisan nőtt vagy stagnált. A radiológia legregébbi vizsgálómódszereként az egyes vizsgálati típusoknál használt felvételek száma már régóta „kiforrott”, az indikációs kör stagnál, esetenként szűkült. Mivel az analóg röntgenfilmek teljes kivezetése beleesik a vizsgált időszakba, kérdéses a képszám észlelt csekély növekedésének valós jelentősége. Az átvilágításos vizsgálatok képszámának növekedése is részben „műtermék”, a kor-

látozottan archiválható, foszforlemez, féldigitális rendszerek kivezetéséből adódik.

Az angiográfiás vizsgálatoknál is jól megfigyelhető az új indikációk és az intervenciós eszközök, módszerek fejlődésének hatása, a nagy képszámot generáló 3D DSA (digitális szubtrakciós angiográfia) képsorozatok és a 2015 után gyors ütemben elterjedt stroke-neurointervenciós beavatkozások egyaránt nagy képszámokat eredményeznek.

A CT-vizsgálatoknál látható az egyik legnagyobb emelkedés a vizsgálati számot és a képszámot nézve is. Ezt részben a készülékek fejlődése (16-ról 64/256 szeletes technikára váltás), a vékony szeletes, többsíkú és 3D rekonstrukciók általánossá válása okozza, amit a dózisredukciós törekvések (kevesebb multifázisú és natív vizsgálat) sem tudtak ellensúlyozni. A CT-vizsgálati igények is rendkívüli mértékben fokozódtak, az akut diagnosztika egyre inkább CT-központú lett, valamint új, nagy komplexitású vizsgálati típusok (például stroke multifázisú CT-angiográfia) váltak nagyon gyakorivá a megváltozott indikációk miatt. A kezelt betegségek számának emelkedésével nő az egy vizsgálatnál megválaszolandó klinikai kérdések száma, ami növeli a több régiós vizsgálatok szükségességét. A vizsgálati számok növekedésének egyik hatása a mellékletek, incidentális eltérések gyarapodása, ami további képalkotó vizsgálatokat tehet szükségessé.

Az MR-vizsgálatoknál a módszer sajátosságaiból adódó egyedi trendek láthatók. Mivel a vizsgálat időigényes, a vizsgálati szám adott készüléken csak korlátozottan növelhető, a megfigyelt emelkedés döntően a műszakok számának emeléséből adódik. A képszámot nézve is megmutatkozik a vizsgálat egyedi jellege, mivel általánosságban minden pluszszekvencia vagy -kép a vizsgálati időt növeli (a CT-vizsgálatnál eltérően). Ennek megfelelően a legtöbb régiónál a képszám stagnált vagy akár kissé csökkent, elsősorban a protokolloknak a vizsgálati számok emelése érdekében végzett racionalizálása miatt. Növekedés csak ott volt megfigyelhető, ahol az ajánlá-

sokkal összhangban kiterjesztették a protokollt (például dinamikus kontrasztanyagossal – MR). Ebben ugyanakkor rövid távon is változás várható. A nemzetközi gyakorlatban és egyes hazai ellátóknál is bevezették már a mesterséges intelligencia-asszisztált adatgyűjtést. Ezek a mélytanuláson (deep learning) alapuló mesterséges neurális hálózatok képesek kevesebb és zajosabb adatból a hagyományos rekonstrukciós eljárásokhoz hasonló vagy akár azokat meghaladó minőségű felvételek létrehozására. Mivel kevesebb „nyers” adatot igényel, a módszer jelentősen csökkenti az MR-vizsgálatok kivitelezési idejét azonos készüléken, ezzel az időegység alatt elkészíthető MR-szekvenciák száma is jelentősen nő [16–18]. Ez felhasználható azonos vizsgálati protokoll mellett nagyobb számú vizsgálat vagy azonos számú, de komplexebb (nagyobb képszámú, több szekvenciát tartalmazó) vizsgálatok elvégzésére. A betegellátás és a költséghatékonyság szempontjából mindez jó hír, ugyanakkor kérdéses, hogy az emiatt szükséges plusz leletezési kapacitás honnan lesz biztosítható. Összességében az MR-vizsgálati számok ugrásszerű növekedése még csak az elkövetkező időszakokra várható.

Az ultrahangvizsgálatoknál megfigyelt képszámnövekedés figyelemre méltó, mivel ez esetben egyedülálló módon a vizsgáló határozza meg a mentett képszámot. A megfigyelt növekedés így az archiválási szokások jelentős, rendszerszintű változását jelzi. A „hőpapíros” érásban az ultrahangvizsgálat képi dokumentációjának költségigénye fontos szempont volt, így jellemzően csak a kóros eltérésekről készült a szükséges minimális nyomtatott képi dokumentáció. A direkt PACS-kommunikációra és digitális (DICOM – Digital Imaging and Communications in Medicine) archiválásra képes készülékek kizárólagossá válása ezt a korlátozó tényezőt megszüntette. Ennek megfelelően a gyakorlat és az ajánlások is megváltoztak, a vizsgált képletekről a típusos síkokban és beállítás mellett készül képi dokumentáció [19].

Figyelemre méltónak tartjuk, hogy mind az összadattelmenyiséget és képszámot, mind pedig a legtöbb modalitást külön nézve is jól felismerhető a COVID-19-pandémia okozta visszaesés a 2020–2021. években, ami a nemzetközi és hazai tapasztalatokkal összhangban jól jelzi a világjárvány kedvezőtlen hatását az elektív ellátáshoz, szűrővizsgálatokhoz való hozzáférésre [20–23]. Vizsgálatunk adataiból ezzel egyezően jól látható, hogy pont a legkisebb költségigényű (röntgen- és ultrahangvizsgálat), „szűrő” indikációval leggyakrabban végzett vizsgálatok számában volt a leginkább szembetűnő a visszaesés. Az ultrahangvizsgálat esetében a direkt orvos-beteg kontaktusok redukálása is közrejátszott a vizsgálatok számának csökkenésében.

A humán erőforrást nézve a vizsgált időszakot alapvetően a szakorvosok számának stagnálása, míg a rezidensek és szakorvosjelöltek számának enyhe emelkedése jellemezte. A 2000-es években végzett felmérések már jól mutatták a radiológusszakma kedvezőtlen korfáját és a rezidensek relatíve alacsony számát [13, 14]. Ez összes-

ségében az egy orvosra eső vizsgálati terhelés jelentős emelkedésével járt. Fontos ugyanakkor hangsúlyoznunk, hogy míg a dolgozói létszám könnyen számszerűsíthető, addig az adott időpontot jellemző dolgozói kompetenciák kevésbé. Időben visszafelé haladva a korábbi időszakban képzett radiológusok egyre jelentősebb része nem rendelkezik például CT/MR leletezési kompetenciával, mivel az adott képzési periódusban ezek a modalitások még jóval kevésbé vagy egyáltalán nem voltak elérhetők. Az új rendszerben képzett szakorvosjelöltek folyamatos belépésével ez folyamatosan változik, így a „multimodális” radiológusok aránya nő. Fontos ugyanakkor megjegyezni, hogy a javuló műszerezettség nem feltétlenül garantálja az adott képzőhelyen a jártasság megjelenését. Sok esetben egy kisebb intézmény rendelkezik ugyan CT/MR készülékkel, de a lokális radiológusi létszám, illetve terhelés nem teszi lehetővé az e vizsgálatok értékeléséhez szükséges jártasság elsajátítását, ezért ezek leletezése teleradiológiai támogatással történik. A magánszféra elszívó hatása a humán erőforrásra szintén fokozódott, a szakképzés után kizárólag ebben a rendszerben dolgozók pedig a nagy centrumkórházakban megszerezhető komplex ismeretanyagot és tapasztalatot nem sajátítják el.

A vizsgálati terhelés kedvezőtlen hatása a leletezés minőségére ismert tény, ugyanakkor a dolgozók terhelhetősége jelentős individuális különbségeket is mutat, így nehezen számszerűsíthető, hogy mikor érjük el egy adott dolgozó egyéni „túlterhelődési küszöbét” (azt a feltételezett terhelést, amelynél a diszkrepanciák száma jelentősen emelkedni kezd) [7, 24]. A radiológiai egység (relative value unit – RVU) mint a diagnosztikus teljesítmény mérőszáma régóta elterjedt a teleradiológiában, ugyanakkor a közfinanszírozott ellátásban és minden modalitásra kiterjesztve nincs használatban (bár néhány egyetemi klinikán már vannak helyi kezdeményezések az RVU-rendszer alkalmazására). Az RVU segítségével egységes skálán számszerűsíthető a leletező orvosok produktivitása azáltal, hogy minden vizsgálathoz egy súlyozott számértéket rendel, amellyel jellemezhető az adott vizsgálat „munkaigénye”. Az RVU-alapú rendszerben a teljesítmény monitorozható, szubspecialitástól és modalitástól függetlenül összevethető. Az RVU ugyanakkor nem szükségszerűen jó prediktora a leletezés tényleges időigényének [25]. A módszer korlátai ellenére a nemzetközi gyakorlatban pedig ezen indikátorral mérve is a vizsgálati terhelés növekedését figyelték meg [26]. Fontos lenne a hazai gyakorlatban is metrizálni az egyes dolgozók egyedi teljesítményét és az elvárható leletezési számokat. Mindez ugyanakkor fontos kérdéseket vet fel. Mit lehet kezdeni az alacsonyabb terhelhetőségű kollégákkal, és mit lehet a nagy teherbírási, de az objektíven feltételezett „veszélyességi küszöb” feletti tempóval dolgozó radiológusokkal? Kinek-kinek kapacitása szerint vagy egyszerűen részarányosítva (fűnyíróelv) kell a munkaterhelésből részesednie? Mit lehet tenni az egy rendszer maximális terhelhetőségét meghaladó vizsgálatok-

kal? Mindezek olyan kérdések, amelyekre jelenleg nincs egyértelmű válasz, ugyanakkor a betegbiztonság azt diktálja, hogy mielőbb foglalkozzunk velük.

Az emelkedő vizsgálati képszámok kapcsán fontos megjegyeznünk, hogy a nemzetközi gyakorlatban az utóbbi időszakban megjelentek az ún. *reckless reading* (felelőtlen leletezés) műhibaperek, melyek során a felperes jogi képviselője az egy képre arányosított leletezési időt használja fel mint hivatkozási alapot a leletezés felületességét bizonyítandó [4]. Fontos hangsúlyozni, hogy a fenti elgondolás alapvetően hibás, ugyanis egy vizsgálat tényleges képszáma a legtöbbször a használt rekonstrukciós síkok, szeletvastagság és algoritmus függvénye, így nem objektív vagy reprezentatív indikátor. Remélhetőleg a fenti gyakorlat a jövőben sem jelenik meg Magyarországon.

Bár az esetszámok, a vizsgálati számok és a képi adatmennyiség növekedésének trendjei jelentős növekedést mutatnak, a nagy adatmennyiségen végzett *big data* elemzésnek szükségszerűen vannak korlátai. Fontos hangsúlyozni, hogy a PACS-on végzett elemzés nem terjed ki a hagyományos, filmen archivált, így abban meg nem jelenő röntgenvizsgálatokra, csak a hőpapíron archivált ultrahangfelvételekre. Ezek a megtörtént, de digitálisan nem archivált vizsgálatok szükségszerűen torzítják az értékelést, és látszólagosan csökkentik a korábbi évek vizsgálati számait. A vizsgált periódus első felében még használták ezeket a módszereket, teljes kivezetésük fokozatosan történt az évtized második felében. Egyes esetekben a technikai lehetőségek fejlődése is jelentősen hozzájárul a képi adatmennyiség változásához, például az elavult, foszforlemezre kazettával működő féldigitális átvilágítók cseréje. Az ultrahangvizsgálatoknál a rögzített képek számát a vizsgáló maga határozza meg, a növekedés itt elsősorban a hazai és nemzetközi ajánlásokkal összhangban megváltozott, teljeskörűbb archiválási gyakorlatnak tudható be. Az angiográfiás és ultrahangvizsgálatoknál észlelt növekedéshez ezenfelül hozzájárulhat a más diszciplínák által végzett, képerősítő vagy ultrahanggal kontrollált beavatkozások és vizsgálatok gyakoribbá válása, valamint a nagy képi adatmennyiséget termelő, a vizsgált időszakban megjelent invazív módszerek (akut stroke neurointervenciók ellátása) [27–31]. Ez a folyamat jelzi, hogy a PACS egyre inkább multidiszciplináris felületté válik, ami a betegellátás, a dokumentáció szempontjából előnyös. Ugyanakkor azt is fontos megjegyezni, hogy az egyre népszerűbb, így melletti, ún. POCUS- (point of care ultrasound) vizsgálatok, végezze akár radiológus, akár például sürgősségi vagy intenzív terápiás szakorvos, jellemzően napjainkig archiválatlanok, így a jelen vizsgálatához hasonló elemzések számára is láthatatlanok. Ebben változtatás indokolt, ugyanakkor ehhez az eszközpark további fejlődése (vezeték nélküli PACS-kommunikáció) is szükséges. Hangsúlyoznunk kell, hogy a CT-, MR- és vizsgálatok esetében nem áll fenn a képi és vizsgálati számokat torzító tényező, mivel

ezeket a modalitásokat a teljes vizsgálati periódusban egységesen és minden esetben a PACS-ban, digitális formában rögzítették.

Következtetés

A vizsgált, 2012 és 2023 közötti időszakban centrumokban jelentős növekedést mutattak a keresztmetszeti (különösen CT) képalkotók, az ultrahang-, valamint az intervenciók angiográfiás vizsgálati és képszámok. Eközben a konvencionális röntgenvizsgálatok száma csak csekély mértékben nőtt. A növekedés okai egyrészt a technológiai fejlődés (teljes körű digitális archiválás), másrészt a megváltozott gyakorlat (ultrahangvizsgálatok átfogó képdokumentációja) áll. Ugyanakkor a vizsgálatok megnövekedett komplexitása és részben az emelkedő vizsgálati számok is jelentősen hozzájárulnak, ami a rendelkezésre álló, lényegében változatlan humán erőforrás mellett a munkaterhelés növekedését idézi elő. Figyelemre méltó a 2020–2021-es COVID-időszak jól kivehető hatása, mely különösen a preventív céllal leggyakrabban végzett ultrahang- és röntgenvizsgálatokat érintette. Eredményeink alapján a fejlettebb országok tapasztalataival összhangban a hazai radiológiában is a vizsgálati igények és komplexitás gyors ütemű növekedése tapasztalható. Átfogó intézkedési terv szükséges annak megelőzésére, hogy ez a növekvő munkaterhelés ne vezessen a betegbiztonság romlásához.

Anyagi támogatás: A dolgozat megírása és a kutatómunka anyagi támogatásban nem részesült.

Szerzői munkamegosztás: Alapötlet, adatgyűjtés: B. B., B. P. Az eredmények értékelése, szakirodalmi adatgyűjtés: B. B., B. P., T. A. A kézirat megírása: B. B., B. P., T. A. A közlemény végleges változatát valamennyi szerző megismerte és jóváhagyta.

Érdekltségek: A szerzőknek nincsenek érdekltségeik.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki *Faránki Péter*nek az adatgyűjtésben nyújtott technikai segítségért.

Irodalom

- [1] Morton W. Complexity of radiology exams has skyrocketed. AuntMinnie, Dec 8, 2023. Available from: <https://www.auntminnie.com/practice-management/article/15659835/complexity-of-radiology-exams-has-skyrocketed> [accessed January 21, 2024].
- [2] McDonald RJ, Schwartz KM, Eckel LJ, et al. The effects of changes in utilization and technological advancements of cross-sectional imaging on radiologist workload. *Acad Radiol*. 2015; 22: 1191–1198.

- [3] Peng YC, Lee WJ, Chang YC, et al. Radiologist burnout: trends in medical imaging utilization under the national health insurance system with the universal code bundling strategy in an academic tertiary medical centre. *Eur J Radiol.* 2022; 157: 110596.
- [4] Alexander R, Waite S, Bruno MA, et al. Mandating limits on workload, duty, and speed in radiology. *Radiology* 2022; 304: 274–282.
- [5] Botz B. The limits of the growing imaging demand – actual questions and challenges of the increasing workload and off-hours reporting in radiology. [A növekedés korlátai – a közfinanszírozott diagnosztikus radiológiai munkaterhelés növekedése és a jelenlegi leletezési és ügyeleti struktúra fenntarthatóságának aktuális kérdései.] *Magy Radiol Online* 2024; 15(9): 91–96. [Hungarian]
- [6] Saliba T, Simoni P, Boitsios G. Commentary: How much further can radiologists be pushed? *Pediatr Radiol.* 2023; 53: 2309–2310.
- [7] Sokolovskaya E, Shinde T, Ruchman RB, et al. The effect of faster reporting speed for imaging studies on the number of misses and interpretation errors: a pilot study. *J Am Coll Radiol.* 2015; 12: 683–688.
- [8] Kasalak Ö, Alnahwi H, Toxopeus R, et al. Work overload and diagnostic errors in radiology. *Eur J Radiol.* 2023; 167: 111032.
- [9] Hanna TN, Lamoureux C, Krupinski EA, et al. Effect of shift, schedule, and volume on interpretive accuracy: a retrospective analysis of 2.9 million radiologic examinations. *Radiology* 2018; 287: 205–212.
- [10] Kwee TC, Kwee RM. Workload of diagnostic radiologists in the foreseeable future based on recent scientific advances: growth expectations and role of artificial intelligence. *Insights Imaging* 2021; 12: 88.
- [11] Becker CD, Kotter E, Fournier L, et al., on behalf of the European Society of Radiology (ESR). Current practical experience with artificial intelligence in clinical radiology: a survey of the European Society of Radiology. *Insights Imaging* 2022; 13: 107.
- [12] Huisman M, van Ginneken B, Harvey H. The emperor has few clothes: a realistic appraisal of current AI in radiology. *Eur Radiol.* 2024; 34: 5873–5875.
- [13] Kis Zs, Lombay B. Analysis of the status of the Hungarian radiologists in 2007. [A radiológus orvosok helyzetének elemzése Magyarországon 2007-ben.] *Magy Radiol.* 2008; 82: 46–52. [Hungarian]
- [14] Szabó E, Palkó A. Teleradiology in Hungary. [A teleradiológia Magyarországon.] *IME – Interdiszcipl Magy Eü.* 2016; 15: 30–33. [Hungarian]
- [15] Elek P, Csanádi M, Fadgyas-Freyler P, et al. Heterogeneous impact of the COVID-19 pandemic on lung, colorectal and breast cancer incidence in Hungary: results from time series and panel data models. *BMJ Open* 2022; 12: e061941.
- [16] Altmann S, Grauhan NF, Brockstedt L, et al. Ultrafast brain MRI with deep learning reconstruction for suspected acute ischemic stroke. *Radiology.* 2024; 310: e231938.
- [17] Recht MP, Zbontar J, Sodickson DK, et al. Using deep learning to accelerate knee MRI at 3 T: results of an interchangeability study. *Am J Roentgenol.* 2020; 215: 1421–1429.
- [18] Zerunian M, Pucciarelli F, Caruso D, et al. Artificial intelligence based image quality enhancement in liver MRI: a quantitative and qualitative evaluation. *Radiol Med.* 2022; 127: 1098–1105.
- [19] Clevert DA, Nyhsen C, Ricci P, et al. on behalf of the European Society of Radiology (ESR). Position statement and best practice recommendations on the imaging use of ultrasound from the European Society of Radiology ultrasound subcommittee. *Insights Imaging* 2020; 11: 115.
- [20] Shi J, Giess CS, Martin T, et al. Radiology workload changes during the COVID-19 pandemic: implications for staff redeployment. *Acad Radiol.* 2021; 28: 1–7.
- [21] Böjti PP, Stang R, Gunda B, et al. Effects of COVID-19 pandemic on acute ischemic stroke care. A single-centre retrospective analysis of medical collateral damage. [A COVID-19-pandémia hatása az akut ischaemiás stroke ellátásra. A járulékos egészségügyi veszteségek retrospektív, egycentrumos felmérése.] *Orv Hetil.* 2020; 161: 1395–1399. [Hungarian]
- [22] Mihály S, Egyed-Varga A, Trnka-Szántay K, et al. The impact of the COVID-19 pandemic on organ donation and transplantation in Hungary in 2020. [A COVID-19-járvány hatása a szervadományozásra és -átültetésre Magyarországon 2020-ban.] *Orv Hetil.* 2021; 162: 890–896. [Hungarian]
- [23] Bérczi Á, Novák Kaposi P, Sarkadi H, et al. Vascular procedures during the COVID-19 pandemic in a high volume Eastern European interventional radiology department. *Imaging* 2021; 13: 138–141.
- [24] Berlin L. Medicolegal malpractice and ethical issues in radiology. Faster radiologic interpretation, errors, and malpractice: an unavoidable triad? *Am J Roentgenol.* 2018; 210: W92–W93.
- [25] Sebro R. Leveraging the electronic health record to evaluate the validity of the current RVU system for radiologists. *Clin Imaging* 2021; 78: 286–292.
- [26] Bhargavan M, Kaye AH, Forman HP, et al. Workload of radiologists in United States in 2006–2007 and trends since 1991–1992. *Radiology* 2009; 252: 458–467.
- [27] Mesterházi A, Barta M, Zubek L. Evaluation of the diagnostic value of bedside ultrasonography in the emergency care. [Az ágy melletti ultrahangvizsgálat diagnosztikus lehetőségeinek vizsgálata a sürgősségi betegellátásban.] *Orv Hetil.* 2016; 157: 569–574. [Hungarian]
- [28] Berényi E, Kövér F, Várallyay P, et al. Principles of medical imaging supporting optimal patients selection in acute ischemic stroke. [Az optimális beteg kiválasztást támogató képalkotó diagnosztika alapelvei akut ischaemiás stroke-ban.] *Magy Radiol Online* 2017; 8(5): 1–12. [Hungarian]
- [29] Pozsár K. Aspects of the evaluation of the CT perfusion, application of the method in strokes beyond 6 hour after onset. [A CT-perfúziós vizsgálatok értékelési szempontjai, a vizsgálat alkalmazása a 6 órán túli stroke-ok esetén.] *Magy Radiol Online* 2019; 10(1): 1–6. [Hungarian]
- [30] Szabó-Maák Z, Kis B, Oláh L. The role of endovascular treatment in acute ischemic stroke. A multidisciplinary approach. [Az endovascularis terápia szerepe és jelentősége a stroke-ellátási láncban. Multidiszciplináris megközelítés.] *Orv Hetil.* 2024; 165: 14–23. [Hungarian]
- [31] Oláh Cs Zs, Czabajszki M, Oláh B, et al. Flow diverter treatment for dissecting aneurysm causing cavernous sinus syndrome. [Sinus cavernosus szindrómát okozó dissectió aneurysma kezelése áramlásmódosító sztenttel.] *Orv Hetil.* 2023; 164: 2074–2078. [Hungarian]

(Botz Bálint dr.,
Pécs, Ifjúság útja 13., 7624
e-mail: botz.balint@pte.hu)