



VILNIAUS UNIVERSITETAS
MEDICINOS FAKULTETAS

Medicina

Radiologijos, branduolinės medicinos ir medicinos fizikos katedra, Biomedicinos mokslų institutas

Greta Ramonaitė VI kursas 14 grupė

VIENTISŲJŲ STUDIJŲ MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS

**Magnetinio rezonanso tomografijos galimybės plaučių sarkoidozės
diagnostikoje. Literatūros apžvalga**

**The role of Magnetic Resonance Imaging in Diagnosis of Pulmonary Sarcoidosis.
Literature overview**

Darbo vadovas

doc.dr. Jūratė Dementavičienė

Katedros vadovas

prof. dr. Algirdas Edvardas Tamošiūnas

Vilnius, 2026.

Studento elektroninio pašto adresas greta.ramonaite@mf.stud.vu.lt

TURINYS

SANTRUMPOS	4
SANTRAUKA	5
SUMMARY	6
1. ĮVADAS	7
2. METODAI IR LITERATŪROS ŠALTINIŲ ATRANKA.....	7
3. SARKOIDOZĖS ETIOPATOGENEZĖ.....	8
3.1. Genetiniai veiksniai.....	8
3.2. Aplinkos veiksniai.....	8
3.3. Kiti veiksniai	9
4. SARKOIDOZĖS EPIDEMIOLOGIJA	9
4.1. Epidemiologiniai skirtumai pagal geografiją	10
4.2. Epidemiologiniai skirtumai pagal amžių, lytį ir rasę	10
4.3. Mirtingumas	11
5. PLAUCIŲ SARKOIDOZĖS VAIZDINIMAS.....	11
5.1. Krūtinės ląstos rentgenografija.....	12
5.1.1. Būdingi radiniai krūtinės ląstos rentgenogramoje.....	12
5.1.2. Scadding skalė krūtinės ląstos rentgenogramos vertinimui	12
5.2. Krūtinės ląstos kompiuterinė tomografija	14
5.2.1. Būdingi radiniai krūtinės ląstos kompiuterinėje tomogramoje	15
5.2.2. Grižtamų ir negrižtamų pakitimų vertinimas kompiuterinėje tomogramoje.....	20
5.3. Pozitronų emisijos tomografija su kompiuterine tomografija.....	21
5.4. Vaizdiniai tyrimai plaučių sarkoidozės stebėjimui.....	22
5.4.1. Krūtinės ląstos rentgenografija stebėjimui.....	22
5.4.2. Krūtinės ląstos kompiuterinė tomografija stebėjimui	23
5.4.3. Pozitronų emisijos tomografija su kompiuterine tomografija stebėjimui	23
5.5. Plaučių sarkoidozės diferencinė diagnostika.....	23

5.6.	Įprastų vaizdinių tyrimų trūkumai.....	25
6.	MAGNETINIO REZONANSO TOMOGRAFIJA PLAUČIŲ VAIZDINIMUI.....	25
6.1.	Plaučių sarkoidozei vaizdinti naudojamos magnetinio rezonanso tomografijos sekos.....	26
7.	MAGNETINIO REZONANSO TOMOGRAFIJOS GALIMYBĖS PLAUČIŲ SARKOIDOZĖS DIAGNOSTIKOJE	27
7.1.	Bendras magnetinio rezonanso tomografijos palyginimas su įprastais tyrimais plaučių sarkoidozės vaizdinimui.....	28
7.2.	Magnetinio rezonanso tomografijos galimybės vertinant skirtingus plaučių sarkoidozei būdingus pakitimus	30
7.2.1.	Plaučių parenchimos židiniai	30
7.2.2.	Padidėjusio tankio sritys plaučių parenchimoje	31
7.2.3.	Retikuliniai plaučių pakitimai	31
7.2.4.	Limfmazgių pakitimai	32
7.3.	Magnetinio rezonanso tomografija plaučių sarkoidozės aktyvumo vertinimui	34
7.4.	Plaučių sarkoidozės progresavimo atpažinimas naudojant magnetinio rezonanso tomografiją lyginant su kompiuterine tomografija.....	36
7.5.	Tyrėjų sutariamumas vertinant plaučių sarkoidozei būdingus pakitimus	37
8.	APIBENDRINIMAS IR APTARIMAS	37
8.1.	Įprastai plaučių sarkoidozės diagnostikai naudojami tyrimai, jų pagrindiniai privalumai ir trūkumai	37
8.2.	Magnetinio rezonanso tomografijos galimybės ir privalumai plaučių sarkoidozės diagnostikoje	38
8.3.	Magnetinio rezonanso tomografijos trūkumai plaučių sarkoidozės diagnostikoje	39
8.4.	Magnetinio rezonanso tomografijos taikymas plaučių sarkoidozės diagnostikoje šiandieninėje klinikinėje praktikoje ir ateities perspektyvos.....	39
9.	IŠVADOS	40
10.	LITERATŪROS SĄRAŠAS	40

SANTRUMPOS

KT – kompiuterinė tomografija,
PET/KT – pozitronų emisijos tomografija su kompiuterine tomografija,
ALARA – kiek įmanoma mažesnė radiacijos dozė (*angl. as low as reasonably achievable*),
MRT – magnetinio rezonanso tomografija,
HLA – žmogaus leukocitų antigenai (*angl. Human leukocyte antigens*),
DNR – deoksiribonukleorūgštis,
PET – pozitronų emisijos tomografija,
¹⁸F-FDG – fluorodeoksigliukozė, pažymėta radioaktyviu fluoro-18 izotopu,
FVC – forsauta gyvybinė plaučių talpa (*angl. forced vital capacity*),
DLCO – difuzinis plaučių pajėgumas anglies monoksidui (*angl. diffusing capacity for carbon monoxide*),
TNF- α – naviko nekrozės faktorius alfa (*angl. tumour necrosis factor alpha*),
HASTE – MRT seka (*angl. half-Fourier acquisition single-shot turbo spin echo*),
SS-FSE – MRT seka (*angl. single-shot fast spin echo*),
BLADE – MRT duomenų surinkimo technika (*angl. rotating phase encoding*),
T1 3D-GRE – MRT seka (*angl. T1 three-dimensional gradient echo*),
VIBE – MRT seka (*angl. volumetric interpolated breath-hold examination*),
FAME – MRT seka (*angl. fast acquisition with multiphase elliptical fast gradient echo*),
SSFP GRE – MRT seka (*angl. steady-state free-precession gradient echo*),
TrueFISP – MRT seka (*angl. true fast imaging with steady-state precession*),
DWI – difuzijos svartinis vaizdas (*angl. diffusion weighted imaging*),
ADC – akivaizdus difuzijos koeficientas (*angl. apparent diffusion coefficient*),
DIR-FGRE – MRT seka (*angl. double inversion-recovery prepared fast-gradient echo pulse*),
LGE – vėlyvas gadolinio kontrastinės medžiagos kaupimas (*angl. late gadolinium enhancement*),
IQR – interkvartilinis intervalas (*angl. interquartile range*),
EKG – elektrokardiograma,
T2-FSE – MRT seka (*angl. T2 fast spin echo*),
DLNS – „tamsių limfmazgių“ ženklas (*angl. dark lymph node sign*),
ROC – jautrumo ir specifiškumo charakteristikos kreivė (*angl. receiver operating characteristic curve*),
AUC – plotas po kreive (*angl. area under the curve*).

SANTRAUKA

Sarkoidozė yra nežinomos etiologijos sisteminė liga, kuriai būdingos granulomos be nekrozės. Ji gali pažeisti įvairius organus, tačiau dažniausiai paveikia plaučius ir torakalinius limfmazgius. Plaučių sarkoidozės diagnostikoje svarbūs vaizdiniai tyrimai, ypač krūtinės ląstos rentgenografija, kompiuterinė tomografija ir pozitronų emisijos tomografija su kompiuterine tomografija. Vis dėlto, šie radiologiniai tyrimo metodai turi trūkumų, iš kurių bene svarbiausias yra jonizuojančioji spinduliuotė, todėl didėja susidomėjimas jos nenaudojančia magnetinio rezonanso tomografija kaip galima alternatyva. Šis vaizdinis tyrimas ilgą laiką laikytas netinkamu plaučių vaizdinimui, tačiau technologinė pažanga išplėtė jo taikymo potencialą. Vis dėlto, jo vaidmuo plaučių sarkoidozės diagnostikoje išlieka nepakankamai įvertintas. Šios literatūros apžvalgos tikslas yra apžvelgti ir apibendrinti magnetinio rezonanso tomografijos galimybes plaučių sarkoidozės diagnostikoje. Atlikta literatūros šaltinių paieška PubMed ir Google Scholar duomenų bazėse, įtrauktos publikacijos anglų kalba, atitinkančios darbo temą ir publikuotos nuo 2010 iki 2025 metų. Naudoti raktiniai žodžiai: sarcoidosis, pulmonary sarcoidosis, pulmonary sarcoidosis imaging, pulmonary sarcoidosis MRI. Tyrimai parodė, kad magnetinio rezonanso tomografija sutarė ir koreliavo su įprastai naudojamais vaizdinimo metodais (krūtinės ląstos rentgenografija ir kompiuterine tomografija). Vis dėlto, pastebėta, kad magnetinio rezonanso tomografija dėl mažo protonų tankio plaučiuose ir artefaktų, kurie kartu lemia mažesnę erdvinę raišką, prasčiau nei kompiuterinė tomografija vizualizavo smulkius pakitimus plaučiuose, tačiau magnetinio rezonanso tomografijos vaizdai leido tiksliau identifikuoti kliniškai reikšmingą progresavimą. Taip pat, pastebėtas magnetinio rezonanso tomografijos potencialas plaučių sarkoidozės aktyvumo nustatyme: vėlyvas gadolinio kaupimasis stebimas kontrastinėse T1 sekose daugiau siejamas su fibroziniais (neaktyviais), o intensyvesnis signalas T2 sekose su uždegiminiais (aktyviais) pakitimais. Papildomi magnetinio rezonanso tomografijos privalumai stebėti vaizdinant torakalinius limfmazgius: aprašytas su sarkoidoze siejamas „tamsių limfmazgių“ ženklas bei papildoma difuzijos svertinių vaizdų ir akivaizdaus difuzijos koeficiento žemėlapių nauda diferencinėje šios ligos diagnostikoje. Taigi, magnetinio rezonanso tomografija gali vizualizuoti plaučių sarkoidozei būdingus pakitimus bei būti vertinga šios ligos progresavimo sekimui. Šis vaizdinis tyrimas taip pat yra perspektyvus plaučių sarkoidozės aktyvumo bei šiai ligai būdingo limfmazgių pažeidimo vertinime. Vis dėlto, nors magnetinio rezonanso tomografija turi potencialo plaučių sarkoidozės diagnostikoje, studijų kol kas yra nedaug, jos taikymą papildomai riboja mažesnis prieinamumas, todėl šiandien ji nepakeičia įprastinių vaizdinių tyrimų, tačiau gali būti naudojama kaip alternatyva esant kontraindikacijų jiems arba kaip papildomas vaizdinimo metodas.

Raktažodžiai: plaučių sarkoidozė, MRT plaučių vaizdinimui, MRT plaučių sarkoidozės vaizdinimui.

SUMMARY

Sarcoidosis is a systemic disease of unknown etiology, characterized by noncaseating granulomas. It can affect various organs, but most commonly the lungs and thoracic lymph nodes. Imaging studies are important in the diagnosis of pulmonary sarcoidosis, especially chest radiography, computed tomography, and positron emission tomography with computed tomography. However, these methods have disadvantages, the most important of which may be ionizing radiation, which is why interest in non-ionizing magnetic resonance imaging as a possible alternative is growing. Though long considered unsuitable for lung imaging, technological advances have expanded its potential, yet its role in pulmonary sarcoidosis diagnosis remains underappreciated. The aim of this literature review is to review and summarize the possibilities of magnetic resonance imaging in the diagnosis of pulmonary sarcoidosis. A literature search was performed using PubMed and Google Scholar databases. Publications in English corresponding to the topic of the work and published from 2010 to 2025 were included. Keywords used: sarcoidosis, pulmonary sarcoidosis, pulmonary sarcoidosis imaging, pulmonary sarcoidosis MRI. Studies have shown agreement and correlation between magnetic resonance imaging and other commonly used imaging methods (chest radiography and computed tomography). However, it has been observed that magnetic resonance imaging, due to low proton density in the lungs and artifacts, both contributing to reduced spatial resolution, was less effective than computed tomography in visualizing small changes in the lungs, although magnetic resonance images better corresponded to clinically significant progression. Also, the potential of magnetic resonance imaging in determining the activity of pulmonary sarcoidosis was observed: late gadolinium enhancement on contrast-enhanced T1 sequences is more associated with fibrotic (inactive) changes, and a more intense signal on T2 sequences with inflammatory (active) changes. Additional benefits of magnetic resonance imaging have been observed in thoracic lymph node imaging: dark lymph node sign associated with sarcoidosis, diffusion-weighted images together with apparent diffusion coefficient maps may be useful in the differential diagnosis of this disease. In conclusion, magnetic resonance imaging can visualize changes characteristic of pulmonary sarcoidosis and be valuable in monitoring the progression of this disease. This imaging study is also promising in assessing the activity of pulmonary sarcoidosis and lymph node damage characteristic of this disease. However, although magnetic resonance imaging has potential in the diagnosis of pulmonary sarcoidosis, there are few studies so far, and its application is additionally limited by lower availability, so today it does not replace conventional imaging studies, but can be used as an alternative in case of contraindications to them or as an additional imaging method.

Keywords: pulmonary sarcoidosis, lung MRI, pulmonary sarcoidosis MRI.

1. ĮVADAS

Sarkoidozė yra sisteminė liga, kuriai būdingos tvarkingos, glaudžiai išsidėsčiusios daugiausiai iš epitelioidinių ląstelių, makrofagų, milžiniškų daugiabrandolių ląstelių ir T limfocitų sudarytos granulomos be nekrozės (1–5). Nors ši liga jau žinoma apie 150 metų, ji lieka iššūkiu gydytojams dėl galimo pasireiškimo įvairovės (6). Sarkoidozė dažniausiai pasireiškia torakaliniuose limfmazgiuose bei plaučiuose (> 90 %), kur uždegiminis procesas gali pažeisti alveoles, smulkius bronchus ir smulkias kraujagysles (1,7,8). Plaučių sarkoidozė pagal sunkumą būna įvairi, pradedant nuo asimptominės aptinkamos atsitiktinai iki lėtinės, progresuojančios bei gydymui atsparios (3,7,9). Fibrozinė plaučių sarkoidozė, kuri sudaro apie 20 % atvejų, dažniausiai sukelia rimčiausius simptomus ir net pavojų gyvybei (3,8,10). Nors ši liga gali pasireikšti ir kituose organuose, ypač turinčiuose sąlyti su aplinka (odoje, akyse apie 20–40 % atvejų), būtent plaučių pažeidimas didžiąja dalimi lemia sergamumą ir mirtingumą bei reikalauja daugiausiai sveikatos priežiūros išteklių (1,3,7).

Plaučių sarkoidozės diagnostikoje svarbią vietą užima vaizdiniai tyrimai, tokie kaip krūtinės ląstos rentgenografija, kompiuterinė tomografija ar pozitronų emisijos tomografija su kompiuterine tomografija (11). Vis dėlto, jie turi trūkumų, iš kurių vienas svarbiausių yra jonizuojančioji spinduliuotė (12). Kadangi jonizuojančioji spinduliuotė siejama su solidinių tumorų ar leukemijos vystymusi, naudojant radiologinius tyrimus svarbu vadovautis ALARA principu, kuris nurodo sumažinti jonizuojančiosios spinduliuotės dozę iki minimalios, leidžiančios pasiekti diagnostinį tikslą (13,14). Žinant tai, verta pagalvoti apie tyrimą, visai nenaudojantį jonizuojančiosios spinduliuotės – magnetinio rezonanso tomografiją, kuri, nors ilgai laikyta netinkama plaučių vaizdinimui, potencialiai gali būti naudinga ne tik tiriant jonizuojančiajai spinduliuotei ypač jautrias pacientų grupes, pavyzdžiui, nėščiąsias, bet ir kartojant tyrimus ligos eigos bei gydymo efektyvumo stebėjimui (15–22). Be to, MRT gali turėti ir papildomų plaučių sarkoidozės diagnostikai naudingų aspektų.

Taigi, šio darbo tikslas yra apžvelgti ir apibendrinti MRT galimybes plaučių sarkoidozės diagnostikoje.

2. METODAI IR LITERATŪROS ŠALTINIŲ ATRANKA

Literatūros apžvalgai šaltinių ieškota PubMed ir Google Scholar duomenų bazėse. Įtrauktos publikacijos anglų kalba, publikuotos nuo 2010 iki 2025 metų ir atitinkančios darbo temą. Naudoti raktiniai žodžiai: sarcoidosis, pulmonary sarcoidosis, pulmonary sarcoidosis imaging, pulmonary sarcoidosis MRI.

3. SARKOIDOZĖS ETIOPATOGENEZĖ

Sarkoidozės etiologija nėra iki galo išaiškinta, tačiau manoma, kad įtakos gali turėti įvairūs faktoriai, įskaitant genetinius, autoimuninius, aplinkos bei infekcinius (4,7,23). Tikėtina, kad didelė šių veiksnių įvairovė bei tai, kad jie gali veikti kombinacijose ir lemia platų galimą šios ligos klinikinį pasireiškimą (7,23). Žinoma tai, kad sarkoidozės vystymesi svarbų vaidmenį atlieka imuninė sistema. Dendritinės ląstelės, alveoliniai makrofagai pateikia antigenus CD4+ T limfocitams, kurie aktyvuojami ir chemokinių nukreipiami į plaučius, taip inicijuojant granulomų susidarymą (4,24). Aktyvuoti CD4+ T limfocitai gali diferencijuotis į T1 helperius (Th1) arba į T2 helperius (Th2). Pastebėta, kad nuo šių ląstelių subtipų santykio priklauso sarkoidozės vystymasis, pavyzdžiui, dominuojant Th2 progresuoja fibrozė, kadangi jų išskiriami citokinai aktyvuoja alveolinius makrofagus, kurie skatina kolageno sintezę. Prie fibrozės vystymosi gali prisidėti ir reguliacinės T ląstelės išskirdamos transformuojantį augimo faktorių-beta, o dėl šių ląstelių sumažintos priešūždegiminės funkcijos palaikomos granulomos, kadangi stipri uždegiminė reakcija nepakankamai slopinama (4).

3.1. Genetiniai veiksniai

Nustatyta, kad sarkoidoze sergančių pirmos eilės giminaičiai turi 3,7 karto didesnę riziką susirgti ta pačia liga (25). Šis rizikos padidėjimas sergančiųjų šeimos nariams dar ryškiau stebimas dvynių atvejais. Sergant vienam iš dizigotinių dvynių, kitam sarkoidozės rizika yra 7 kartus didesnė, o sergant vienam iš monozigotinių dvynių – rizika kitam padidėja net iki 80 kartų. Taip pat, viso genomo asociacijų tyrimai parodė, kad tiek ne-HLA tiek HLA aleliai siejami su sarkoidoze, o skirtingų geografinių regionų ir etninių grupių HLA II klasės aleliai yra skirtingai susiję su šios ligos rizika (4,25). Genetiniai veiksniai gali lemti ne tik patį sarkoidozės vystymąsi, bet ir tam tikrą šios ligos klinikinių formų pasireiškimą, ką rodo jų nevienodas paplitimas pasaulyje (23). Svarbu paminėti ir tai, kad genetiniai elementai glaudžiai susiję su imunine sistema, kadangi jie dalyvauja reguliuojant antigenų apdorojimą, pateikimą ir citokinų išskyrimą (4).

3.2. Aplinkos veiksniai

Kaip minėta, sarkoidozė dažniausiai paveikia plaučius, tačiau ne retai ir kitus organus, pavyzdžiui, odą, kas rodo, kad įvairios įkvepiamos ir su kūnu kontaktuojančios dalelės, tokios kaip medienos dūmai, dirvožemio dulkės, medžių žiedadulkės, insekticidai, metalai ar silicis gali turėti įtakos šios ligos vystymuisi. Galimą aplinkos veiksnių vaidmenį sarkoidozės vystymuisi rodo ir tai, kad šios ligos atvejai tam tikruose regionuose pasireiškia susitelkdami tiek laiko, tiek vietos atžvilgiu, didesnis sergamumas stebimas tam tikrų profesijų atstovams, kurie kontaktuoja su įvairiomis išvardintomis dalelėmis – laivų darbuotojai, automobilių pramonės darbuotojai,

gaisrininkai, ūkininkai bei sodininkai (1,3,4,25). Be to, kadangi granulomų formavimasis yra svarbus organizmo imuninės gynybos mechanizmas, manoma, kad infekciniai agentai taip pat yra vienas iš galimų sarkoidozės etiologinių veiksnių (4,25). Su sarkoidozės vystymusi daugiausia siejamos *Mycobacterium* ir *Propionibacterium* genčių bakterijos (1,3). Pavyzdžiui, mikobakterijų ryšį su sarkoidoze nurodo tyrimai, nustatę jų antigenus ir DNR sarkoidozės granulomose (25). Be to, studijos rodo, kad ir kiti mikrobai, tokie kaip *Leptospira* ir *Mycoplasma* genčių bakterijos, herpes virusai, retrovirusai, *Chlamydia pneumoniae*, *Borrelia burgdorferi*, *Pneumocystis jirovecii*, *Cutibacterium acnes*, *Aspergillus nidulans*, *Rickettsia helvetica* ir parazitai *Leishmania* turi ryšį su šia liga (3,4,23). Vis dėlto, nepaisant mikrobo sąsajas su sarkoidoze nurodančių tyrimų, infekcijų vaidmuo lieka neaiškus (1). Svarbu įvertinti ir tai, kad latentinė sarkoidozė gali padidinti infekcijų riziką dar prieš oficialią diagnozę, todėl gali atrodyti, kad infekcijos galėjo lemti šią ligą, nors ji jau buvo prasidėjusi (23).

3.3. Kiti veiksniai

Nors yra mažiau ištirti, autoimuniniai faktoriai taip pat gali dalyvauti sarkoidozės patogenezėje. HLA II klasės molekulės antigenus pateikiančiose ląstelėse gali turėti autoantigenus, kuriuos atpažįsta sergančių sarkoidoze T ląstelės. Nepaisant to, kad specifinių ligai būdingų autoantikūnų nenustatyta, vimentino kilmės peptidai potencialiai yra pagrindiniai autoimuniteto veiksniai, lemiantys šių T ląstelių aktyvaciją. Be to manoma, kad sarkoidozės vystymesi vaidmenį gali turėti su autoimunitetu siejamas mikrobiotos disbalansas (4).

Žemesnė socioekonominė padėtis, vyraujant nepalankiems socialiniams ir ekonominiams veiksniams, prie kurių priskiriami psichosocialinis stresas, mažesnis naudojimas prevencinėmis sveikatos priežiūros paslaugomis, mažesnis fizinis aktyvumas ir nutukimas, taip pat siejama su didesne sarkoidozės rizika (26).

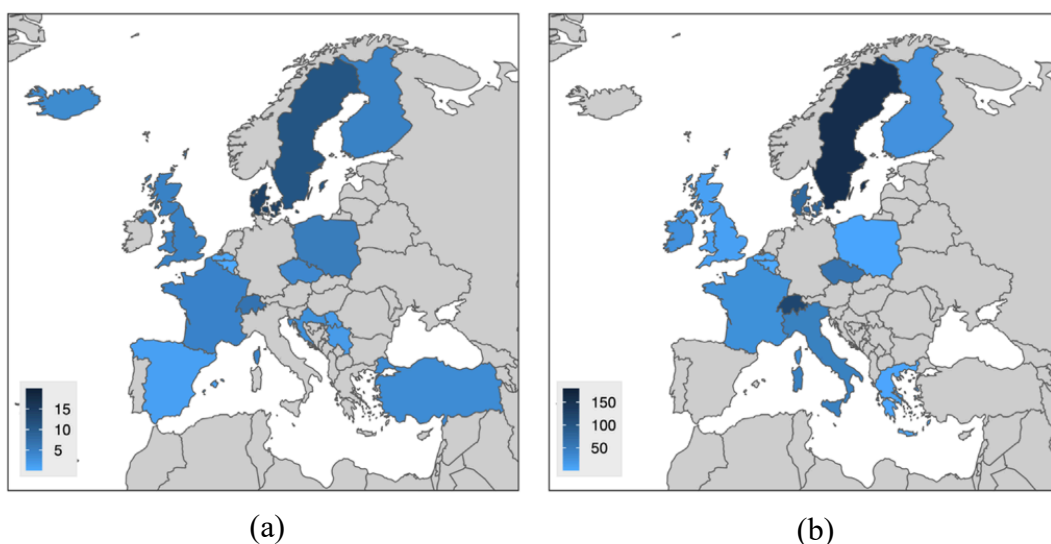
4. SARKOIDOZĖS EPIDEMIOLOGIJA

Sarkoidozė gali pasireikšti bet kokio amžiaus, lyties ar rasės asmenims visame pasaulyje (3,7). Globalus plaučių sarkoidozės paplitimas yra 50,01/100000 gyventojų, o naujų atvejų skaičius per metus yra 4,54/100000 gyventojų. Pastaraisiais metais plaučių sarkoidozė diagnozuojama vis dažniau, ką galėjo lemti kai kuriose užsienio valstybėse vykdoma prevencinė plaučių vėžio patikra, skatinimas mesti rūkyti, geresnis saugių darbo sąlygų užtikrinimas, didesnis gydymo prieinamumas, visuomenės švietimas bei diagnostikos tobulėjimas (5). Vis dėlto, tikrąjį sarkoidozės paplitimą nustatyti sudėtinga, kadangi diagnostika tarp regionų skiriasi. Taip pat, kaip minėta, ši liga gali pasireikšti įvairiais simptomais ar visai be jų (stebimi tik atsitiktiniai radiniai radiologiniuose tyrimuose) (3). Be to, tikslesniam sarkoidozės paplitimo įvertinimui trukdo ir sudėtinga

diferenciacija nuo panašiai pasireiškiančių ligų, diagnostinių technologijų trūkumas ir ne visų atvejų registravimas (23).

4.1. Epidemiologiniai skirtumai pagal geografiją

Lyginant skirtingus regionus stebimi sarkoidozės paplitimo netolygumai. Manoma, kad tai susiję su aplinkos veiksnių poveikiu bei genetiniais ir diagnostikos metodų skirtumais (23). Sarkoidozė dažniausiai pasitaiko Šiaurės Europoje (paplitimas ir sergamumas Europoje vaizduojamas 1 pav.). Šiek tiek rečiau ši liga pasitaiko Šiaurės Amerikoje ir Australijoje (5–10 naujų atvejų 100000 gyventojų per metus, paplitimas 5–60/100000 gyventojų). Rečiausiai sarkoidozė paveikia Rytų Azijos gyventojus (0,5–1 naujų atvejų 100000 gyventojų per metus, paplitimas 0,5–1/100000 gyventojų) (1,23,26).



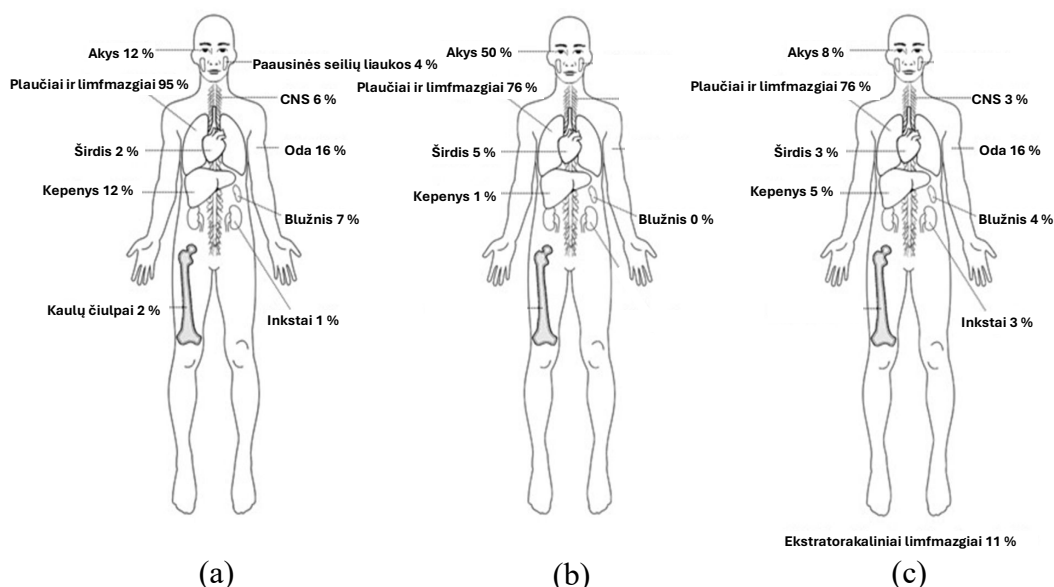
1 paveikslas. Sarkoidozės sergamumas Europoje 100000 gyventojų per metus (a) ir paplitimas 100000 gyventojų (b) (23).

4.2. Epidemiologiniai skirtumai pagal amžių, lytį ir rasę

Sarkoidozė ne vienodai dažnai paveikia skirtingo amžiaus asmenis. Nors vidutinis amžius, kada pacientams diagnozuojama ši liga yra 50 metų, sarkoidozės diagnozei taip pat būdingi du amžiaus pikai, priklausomai nuo lyties. Vyrams ji dažniau diagnozuojama jaunesniame amžiuje, maždaug 20–50 m., o moterims vėliau – 50–65 metų amžiaus (3,23).

Pastebėti ir sarkoidozės paplitimo netolygumai lyginant skirtingų rasių ar etninių grupių asmenis. Dažniausiai ši liga paveikia afroamerikiečius (sergamumas 18 naujų atvejų 100000 asmenų per metus, paplitimas 141/100000 asmenų), rečiau baltuosius (8 nauji atvejai 100000 asmenų per metus, paplitimas 50/100000 asmenų), lotynų amerikiečius (4 nauji atvejai 100000 asmenų per metus, paplitimas 22/100000 asmenų), ir azijiečius (3 nauji atvejai 100000 asmenų per

metus, paplitimas 19/100000 asmenų) – visose grupėse dažniau moteris (1,23). Be to, skirtingose šalyse ar geografiniuose regionuose sarkoidozė nevienodu dažnumu paveikia skirtingus organus (2 pav.) (27). Vis dėlto, svarbu paminėti ir tai, kad skirtumai asocijuojami su rase ar kilme nebūtinai yra tiesioginiai genetinės rizikos rodikliai – jie gali labiau atspindėti socialines priežastis, kurios potencialiai sąlygoja prieigos prie sveikatos priežiūros paslaugų netolygumus (26).



2 paveikslas. Sarkoidozės pasireiškimas įvairiuose organuose skirtingose šalyse. JAV (a), Japonijoje (b), Europoje (c). CNS, centrinė nervų sistema (27).

4.3. Mirtingumas

Amžiumi standartizuotas plaučių sarkoidozės mirtingumas pasaulyje yra 2,28/100000 gyventojų (5). Kaip minėta, dauguma šių mirčių (> 60 %) yra dėl pažengusios plaučių sarkoidozės sukeltų pažeidimų (1,3,7). Svarbu ir tai, kad plaučių sarkoidozės paplitimo ir mirtingumo rodikliai tam tikruose regionuose nebūtinai atitinka. Pavyzdžiui, Šiaurės Amerikoje stebimas vienas didžiausių paplitimų, o mirtingumas yra žymiai mažesnis, kas gali būti paaiškinama gera diagnostika bei ligos valdymu (5).

5. PLAUČIŲ SARKOIDOZĖS VAIZDINIMAS

Vaizdiniai tyrimai plaučių sarkoidozės diagnostikoje yra ypač svarbūs. Daugiausiai naudojami yra krūtinės ląstos rentgenografija, daugiau informacijos suteikianti KT, o kai kuriais atvejais ir radionuklidiniai tyrimai, ypač PET/KT (11,28). Sarkoidozės diagnozei patvirtinti yra reikalingas histologinis tyrimas, tačiau vaizdiniuose tyrimuose stebint šiai ligai būdingus radinius (plačiau aptariami toliau) bei kartu pasireiškiant tipiškiems simptomams (jų gali nebūti, tačiau taip pat

būdingi dusulys, kosulys, krūtinės skausmas ar nuovargis), kai alternatyvios diagnozės mažai tikėtinos, biopsija laikoma nebūtina (27–29). Vis dėlto, verta paminėti ir tai, kad tiek esant tipiskam, tiek mažiau būdingam ligos pasireiškimui, dėl biopsijos reikalingumo sprendimą priimti padėti gali aptarimas multidisciplininėje komandoje, kartu atsižvelgiant ir į paciento nuomonę, kadangi nesant periferinių/ekstrapulmoninių sarkoidozės židinių atliekama bronchoskopija su biopsija yra invazinis tyrimas susijęs su tam tikra komplikacijų, pavyzdžiui, pneumotorakso, rizika (27). Toliau šiame skyriuje aptariami minėti dažniausiai plaučių sarkoidozės atvejais naudojami radiologiniai tyrimai, suteikiant platesnį kontekstą tolimesniam MRT galimybių šios ligos atvejais vertinimui.

5.1. Krūtinės ląstos rentgenografija

Krūtinės ląstos rentgenografija nuo 1961 m., kai Scadding pasiūlė standartizuotą „stadijų“ sistemą (plačiau apie tai toliau) plaučių sarkoidozei, laikoma pagrindiniu vaizdiniu tyrimu šios ligos diagnostikai, todėl, kad esant tipiškiems požymiams gali pakakti tik jos (28,30). Šis vaizdinimo metodas yra techniškai paprastas, pasižymi pakankamai gera erdvine raiška bei mažesne jonizuojančiosios spinduliuotės doze ir kaina lyginant su alternatyviais įprastai plaučių sarkoidozės atvejais naudojamais radiologiniais tyrimais (11,30).

5.1.1. Būdingi radiniai krūtinės ląstos rentgenogramoje

Plaučių sarkoidozės atvejais krūtinės ląstos rentgenogramoje dažniausiai stebimi abipus, simetriškai padidėję tarpuplaučio ir plaučių šaknų limfmazgiai, o kartais, nors geriau matoma KT, gali būti stebima ir jų kalcifikacija. Rentgenogramoje taip pat galima matyti ir šiai ligai būdingus plaučių parenchimos židinius pakitimus, ypač viršutinėse ir vidurinėse skiltyse, bei fibrozinis pakitimus, tokius kaip linijinius patamsėjimus, tarpuplaučio struktūrų pakilimą, kraujagyslių ir plaučių pertvarų deformaciją. Vis dėlto, svarbu paminėti ir tai, kad 20 % atvejų, ypač vyresniems nei 50 metų amžiaus pacientams, radiniai rentgeno nuotraukose būna atipiniai, o dar apie 20 % atvejų pakitimai krūtinės ląstos rentgenogramoje gali būti visai nestebimi (27).

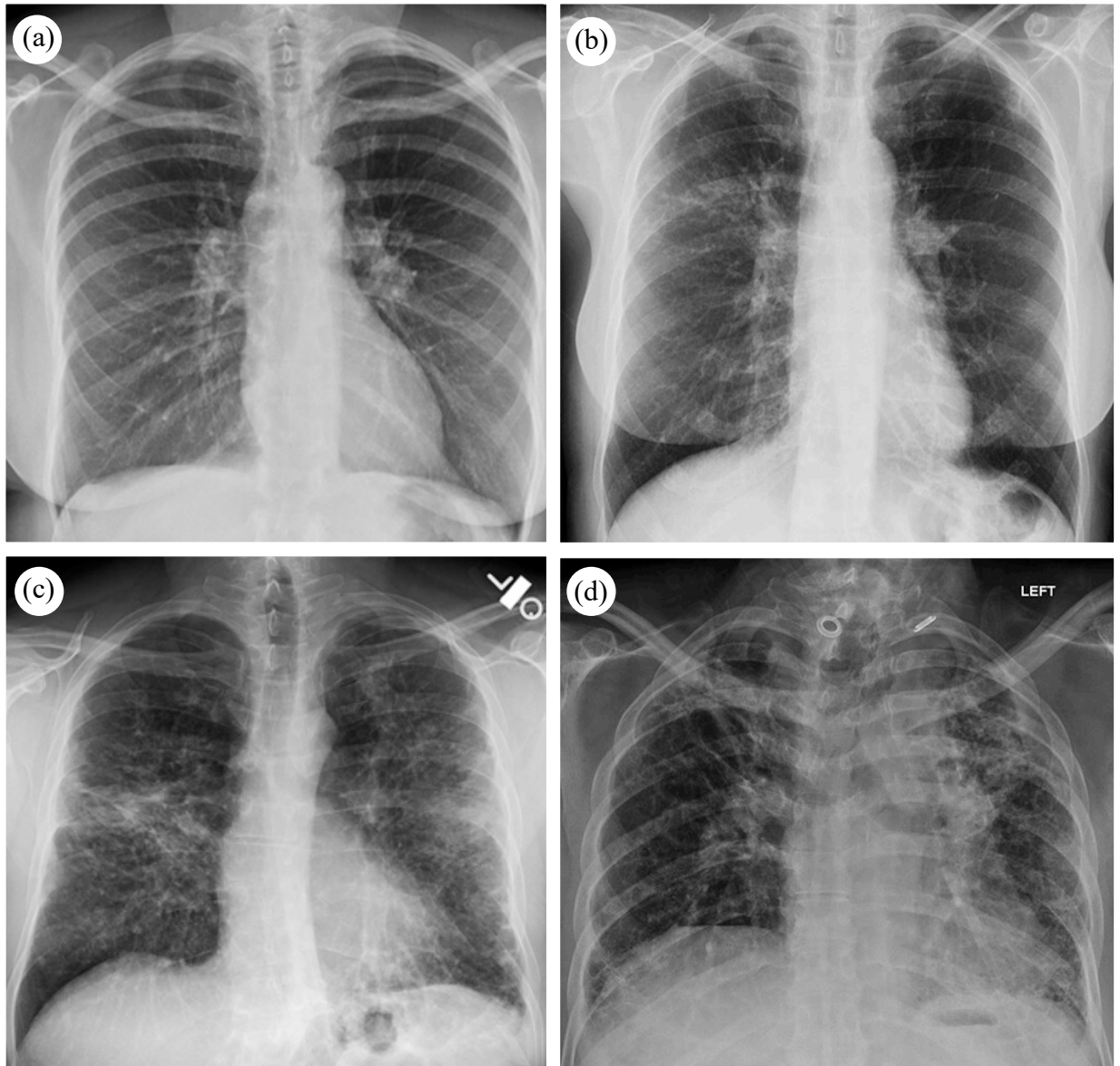
5.1.2. Scadding skalė krūtinės ląstos rentgenogramos vertinimui

Siekiant sistemingai ir vienodai vertinti krūtinės ląstos rentgeno nuotraukas plaučių sarkoidozės atvejais rekomenduojama naudotis tam skirtomis skalėmis, kurios pagal dažnus radinius šią ligą padeda skirstyti į atitinkamas „stadijas“ (30). Geriausiai žinoma ir dažniausiai naudojama yra jau minėta Scadding skalė (27,30). Originaliai ši skalė išskyrė 4 plaučių sarkoidozės „stadijas“, tačiau vėliau buvo įtraukta dar viena, „0 stadija“ žyminti pakitimų rentgeno nuotraukoje nebuvimą. „I stadija“ reiškia, kad stebimas tik plaučių šaknų ir/ar tarpuplaučio limfmazgių padidėjimas. „II stadija“ – limfmazgių padidėjimas kartu su plaučių parenchimos pakitimais. „III stadija“ yra tada, kai stebimi plaučių parenchimos pakitimai nesant minėtų limfmazgių pakitimų. „IV stadija“ – kai

matomi plaučių fibroziniai pokyčiai (1 lentelė) (29–31). Krūtinės ląstos rentgenogramų pavyzdžiai pagal Scadding skalę vaizduojami 3 pav. Pacientų skirstymas pagal ligos „stadiją“ yra reikšmingas prognozės vertinimui. Pavyzdžiui, pastebėta, kad netaikant gydymo esant „I stadijai“ požymiai ir simptomai gali išnykti net iki 90 % atvejų, „II stadijai“ iki 70 %, „III stadijai“ iki 20 %, o „IV stadijai“ – 0 % (27). Vis dėlto, plaučių sarkoidozės skirstymas į „stadijas“ yra ribojamas prasto tyrėjų sutariamumo (*angl. inter-observer agreement*), ypač esant plaučių parenchimos pakitimams (27,28,31). Taip pat, „stadija“ ne visada tiksliai atspindi ligos sunkumą ar progresijos riziką, kadangi net esant „I stadijai“ liga gali komplikuo­ti­si ar progresuoti. Dėl to siūlyta atsisakyti „stadijos“ termino, o vietoje jo skirstyti plaučių sarkoidozės pakitimus krūtinės ląstos rentgenogramose į radiografinius tipus (31).

1 lentelė. Plaučių sarkoidozės „stadijos“ pagal Scadding.

„Stadija“ pagal Scadding	Vaizdas krūtinės ląstos rentgenogramoje
0	Be pakitimų
I	Tik plaučių šaknų ir/ar tarpuplaučio limfmazgių padidėjimas
II	Plaučių šaknų ir/ar tarpuplaučio limfmazgių padidėjimas kartu su plaučių parenchimos pakitimais
III	Plaučių parenchimos pakitimai nesant plaučių šaknų ir/ar tarpuplaučio limfmazgių pakitimų
IV	Plaučių fibroziniai pokyčiai



3 paveikslas. Krūtinės ląstos rentgenogramose stebimų plaučių sarkoidozės pakitimų skirstymas pagal Scadding skalę. „I stadija“ – tik limfadenopatija (a); „II stadija“ – limfadenopatija su parenchimos patamsėjimais (b); „III stadija“ – parenchimos patamsėjimai nesant limfadenopatijos (c); „IV stadija“ – fibroziniai pakitimai (d) (32).

5.2. Krūtinės ląstos kompiuterinė tomografija

Krūtinės ląstos KT, ypač aukštos raiškos KT, leidžia tiksliau įvertinti plaučių sarkoidozei būdingus plaučių pakitimus lyginant su krūtinės ląstos rentgenografija ir šiandien yra laikoma informatyviausiu vaizdiniu tyrimu šios ligos atvejais (11,27,28,31). Nors KT ne visada būtina plaučių sarkoidozės diagnostikai, ji yra rekomenduojama, kai įtariant šią ligą krūtinės ląstos rentgeno nuotraukoje pakitimų nestebima, esant netipiniam klinikiniam ar rentgeniniam pasireiškimui ar nesutarimui tarp jų bei siekiant diagnozuoti komplikacijas (27,28,30). Nepaisant to,

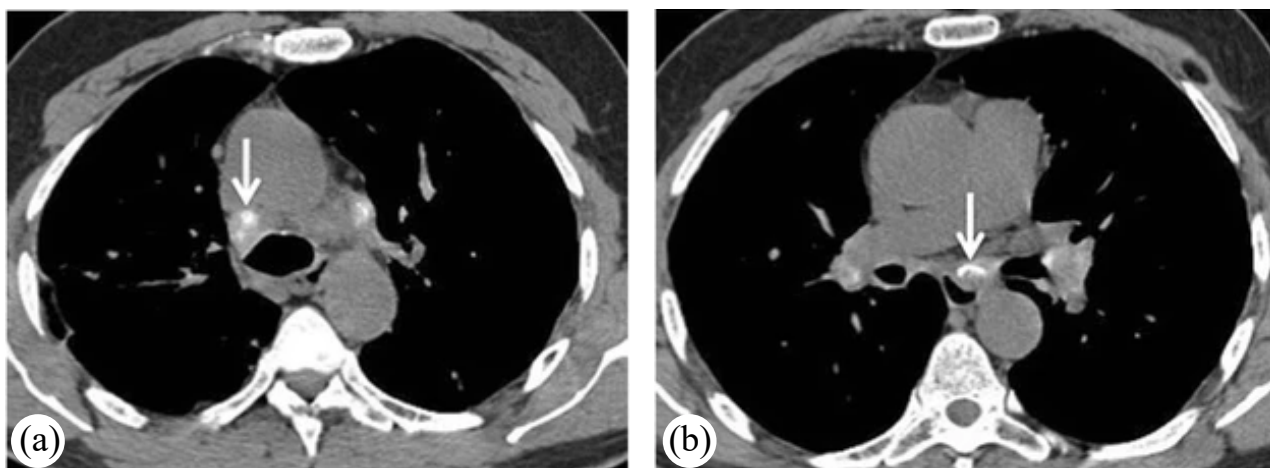
didesni centrai daugumai pacientų plaučių sarkoidozės diagnozės nustatymo metu šalia krūtinės ląstos rentgenografijos atlieka ir KT, kadangi detalesnė informacija apie pradinį ligos pasireiškimą gali būti labai naudinga stebint ligos progresavimą (28).

5.2.1. Būdingi radiniai krūtinės ląstos kompiuterinėje tomogramoje

Sarkoidozė ne veltui vadinama „didžiąja imitatore“ – kaip minėta, šiai ligai gali būti būdingi labai įvairūs požymiai (27,28). Vis dėlto, pagrindiniai, iš dalies aptarti kalbant apie krūtinės ląstos rentgenografiją, tačiau detaliau stebimi KT vaizduose, yra dažnai perilimfatiškai besidėstantys smulkūs plaučių parenchimos židiniai, abipusė plaučių šaknų ir tarpuplaučio limfadenopatija, kvėpavimo takų pažeidimų požymiai, o ligai progresuojant ir fibroziniai pokyčiai (16,17,29,33,34). Kadangi šiandien KT yra etaloninis tyrimas plaučių sarkoidozės atvejais, šiai ligai būdingi radiologiniais tyrimais vizualizuojami pakitimai išsamiau aptariami būtent šioje dalyje (28).

5.2.1.1. Limfadenopatija

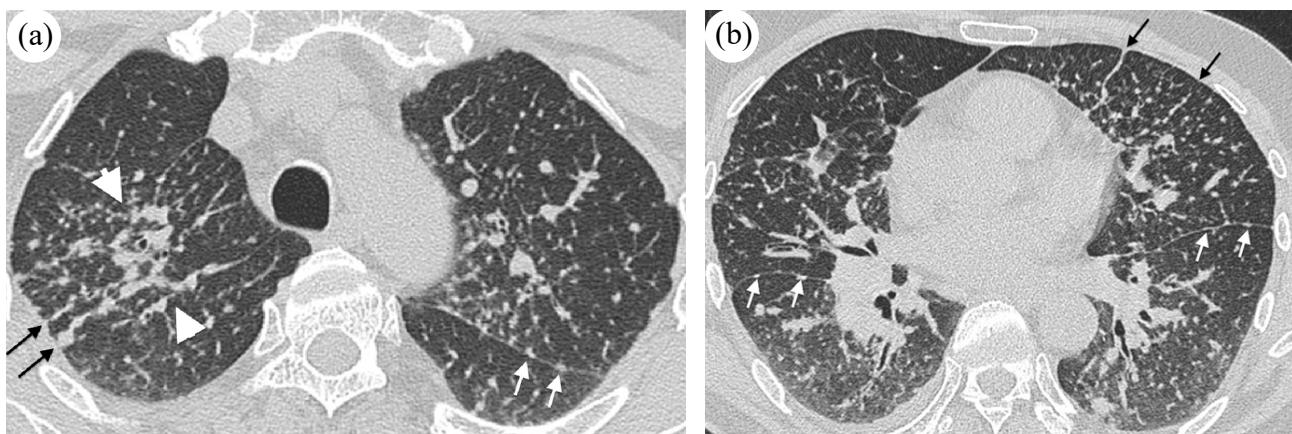
Kaip minėta, padidėję tarpuplaučio ir plaučių šaknų limfmazgiai yra vienas tipiškiausių plaučių sarkoidozės požymių, aptinkami net iki 98 % šios ligos atvejų (11,29). Padidėję limfmazgiai gali būti įvairaus dydžio, nenekrotizuojantys ir iki 95 % atvejų lokalizuojasi abiejose pusėse simetriškai (17,29). Kalbant tiksliau, kaip vieni iš dažniausiai padidėjančių limfmazgių išskiriami hilariniai abipus ir paratrahėjiniai dešinėje, vadinami Garlando triada (11). Svarbu paminėti ir tai, kad ne visada padidėję būna tiek tarpuplaučio, tiek plaučių šaknų limfmazgiai. Apie 15 % atvejų tarpuplaučio limfmazgiai aptinkami padidėję, o plaučių šaknų – ne. Taip pat, pasitaiko ir asimetriškas limfmazgių padidėjimas, kuris dažniau stebimas tarpuplaučio limfmazgiuose, tačiau apie 40 % pacientų gali būti stebima asimetriška hilarinė limfadenopatija (29). Sarkoidozės atvejais KT gali būti aptinkamas ne tik limfmazgių padidėjimas, bet ir įvairių tipų jų kalcifikacija, pavyzdžiui, taškinė, amorfinė, „kiaušinio lukšto“ (*angl. eggshell*), „cukraus pudros“ (*angl. icing sugar*), ar „spragėsių“ (*angl. popcorn*). Limfmazgių kalcifikacijos pavyzdžiai pateikiami 4 pav. (11,17,28,29,35).



4 paveikslas. Ašiniai KT vaizdai. Limfmazgių kalcifikacija sarkoidozės atvejais. „Cukraus pudros“ (a) ir „kiaušinio lukšto“ (b) tipų kalcifikacija (28).

5.2.1.2. Plaučių parenchimos židiniai

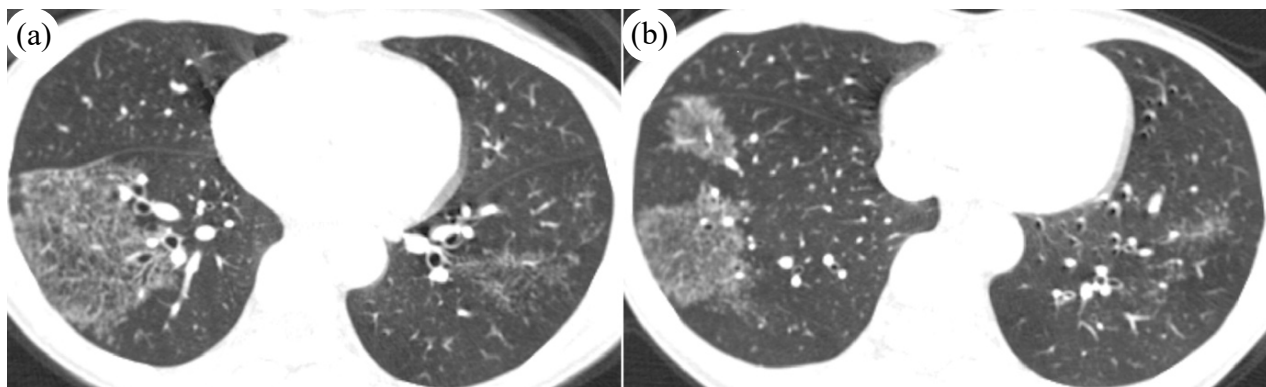
Kitas labai dažnai plaučių sarkoidozei būdingas radinys yra smulkūs plaučių parenchimos židiniai, kurie KT aptinkami net iki 93 % atvejų (11). Jie dažniausiai būna 2–5 mm dydžio, lygiais ar nelygiais kraštais, įprastai dėstosi simetriškai perilimfatiškai abiejuose plaučiuose, ties plaučių šaknimis, palei bronchus ir kraujagysles, tarpuskiltines ir tarpuskiltelines pertvaras, subpleurinėse srityse ir dažniausiai yra aptinkami viršutinėse ir vidurinėse plaučių skiltyse (11,17,28,29). Dėl smulkių židinių dėstymosi ties plaučių šaknimis ir peribronchovaskuliariai, KT matomi šių sričių netolygumai ir sustorėjimai, o jiems esant ties pleura ir plaučių pertvaras stebimas „karoliukų“ (*angl. beaded*) vaizdas (11). Literatūra plaučių sarkoidozės smulkių židinių išsidėstymą taip pat apibūdina kaip „centrifuginį“ – daugiausiai jų plaučių centre, šalia centrinių limfagyslių, bronchų ir kraujagyslių ir jie tarsi sklinda link plaučių periferijos (29). Plaučių sarkoidozei būdingas plaučių parenchimos smulkių židinių išsidėstymas vaizduojamas 5 pav. Vis dėlto, jų išsidėstymas ne visais atvejais būna įprastas – kartais jie gali būti koncentruoti labiau vietiškai, kartais išplitę visuose plaučiuose. (11,17). Verta paminėti ir tai, kad smulkūs židiniai plaučių sarkoidozės atvejais gali susilieti tarpusavyje ir taip atrodyti kaip neaiškių kontūrų masės ar konsolidacijos su oro bronchogramomis (11,17,28–30,33).



5 paveikslas. Ašiniai KT vaizdai (a) ir (b). Matomas smulkesnių nei 5 mm židinių susitelkimas palei tarpškiltelines pertvaras (juodos rodyklės), tarpškiltines pertvaras (smulkios baltos rodyklės) ir peribronchovaskuliariai (stambios baltos rodyklės) (29).

5.2.1.3. „Matinio stiklo“ pakitimai

Plaučių sarkoidozės atvejais, dažniausiai viršutinėse plaučių skiltyse, KT vaizduose gali būti stebimi ir „matinio stiklo“ pakitimai (*angl. ground-glass opacities*), per kuriuos vis tiek įžiūrimi bronchai ir kraujagyslės, dažniausiai atspindintys mikroskopinių granulomų/labai smulkių židinių susikaupimo zonas (11,17,28). „Matinio stiklo“ pakitimų pavyzdžiai pateikiami 6 pav.



6 paveikslas. Ašiniai KT vaizdai (a) ir (b). Stebimi „matinio stiklo“ pakitimai (29).

5.2.1.4. „Galaktikos“ ženklas

Dar vienas iš galimų KT požymių esant plaučių sarkoidozei yra „galaktikos“ ženklas (*angl. galaxy sign*) – didesnis židiny centre, kurį supa daugybė smulkių (17,29,30). „Galaktikos“ ženklo pavyzdys pateikiamas 7 pav.



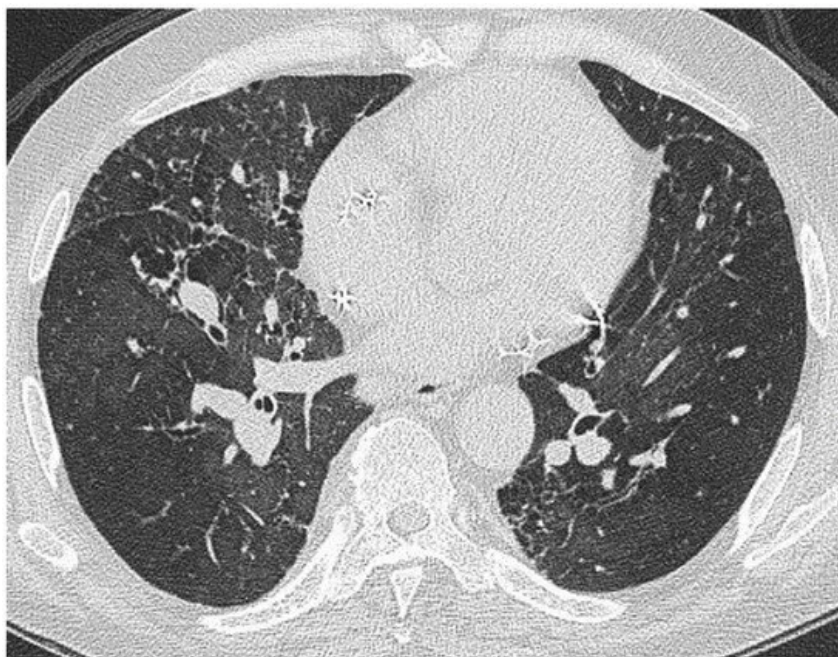
7 paveikslas. Ašinis KT vaizdas. Didesni židiniai, apsupti smulkesnių – „galaktikos“ ženklai (baltos rodyklės) (11).

5.2.1.5. Kiti „ženklai“

Kai kuriais plaučių sarkoidozės atvejais KT vaizduose gali būti stebimi ir kiti su židinių išsidėstymu susiję požymiai („ženklai“). Pavyzdžiui, gali būti aptinkamas solidinis pažeidimas, juosiamas „matinio stiklo“ pakitimų, vadinamas „halo“ ženklu, o kartais ir „atvirkščias halo“ ženklas – solidinis pažeidimas žiedu supantis centrinę „matinio stiklo“ zoną (11,17,30). Taip pat, literatūroje minimas ir „sarkoidozės klasterio“ (*angl. sarcoid cluster*) ženklas – smulkių, taškinių židinių sanakaupa plaučių periferijoje, tačiau ne prie pat pleuros, o šiek tiek giliau plaučių audinyje (30).

5.2.1.6. Kvėpavimo takų pažeidimas

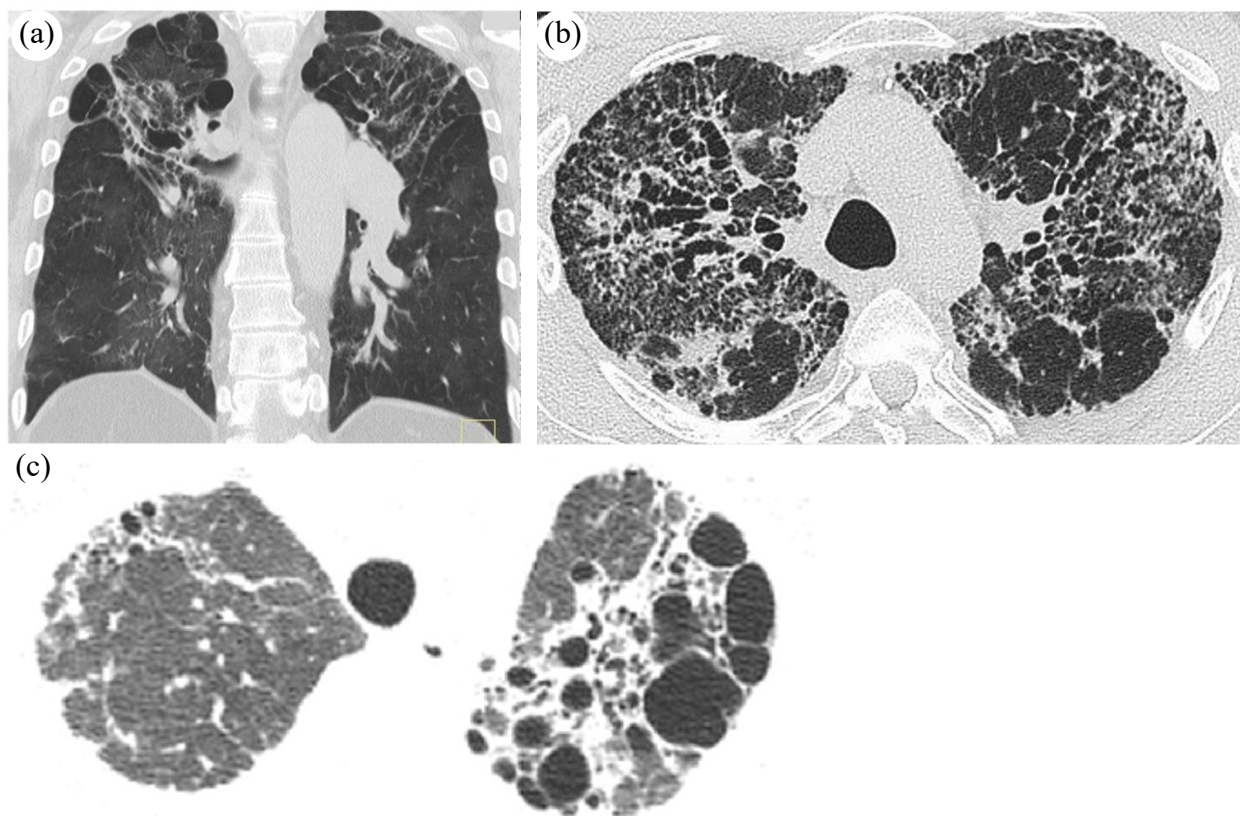
Plaučių sarkoidozės atvejais pasitaiko ir kvėpavimo takų pažeidimų, kurie KT stebimi kaip bronchų spindžio išsiplėtimas ar susiaurėjimas, jų sienelių sustorėjimas, nelygumas (11,17,29). Be to, peribronchinės ar endobronchinės granulomos, fibroziniai pakitimai ar iš išorės spaudžiantys padidėję limfmazgiai gali sukelti obstrukciją ir oro susilaikymą plaučiuose, kuris KT iškvėpimo vaizduose matomas kaip mažesnio tankio sritys – mozaikinis pakitimas, t. y. netolygus plaučių audinio tankis (11,29). Mozaikinio pakitimo pavyzdys plaučių sarkoidozės atveju pateikiamas 8 pav.



8 paveikslas. Ašinis KT vaizdas. Smulkių kvėpavimo takų pažeidimas plaučių sarkoidozės atveju. Netolygus plaučių audinio tankis – mozaikinis pakitimas (11).

5.2.1.7. Plaučių fibroziniai pakitimai

Kaip minėta, plaučių sarkoidozei gali būti būdingi ir fibroziniai pakitimai, dažniausiai stebimi viršutinėse ir vidurinėse plaučių skiltyse peribronchovaskuliariai, kurie laikui bėgant aptinkami 10–30 % atvejų (11,17,29). Fibrozė gali būti lengva, pasireiškianti nedideliu plaučių struktūrų iškreipimu ir linijiniais patamsėjimais. Labiau pažengusi fibrozė gali būti stebima kaip trakcinės bronhektazės (fibrozė susitelkusi aplink bronchus su kraujagyslėmis lemia bronchų deformaciją ir išsiplėtimą), retikuliniai pakitimai (dėl jų viršutinėse skiltyse stebimas sumažėjęs plaučių tūris), pagrindinių bronchų ir kraujagyslių poslinkis į nugarinę pusę, o kartais ir cistiniai pakitimai, primenantys „korio“ (*angl. honeycombing*) vaizdą (11,17,29,30). Fibrozės pavyzdžiai plaučių sarkoidozės atvejais pateikiami 9 pav. Literatūroje taip pat minimas ir fibrozės plaučių sarkoidozės atvejais skirstymas į 3 tipus, iš kurių dažniausias (50 % fibrozės atvejų) yra centrinis peribronchovaskulinis, pasireiškiantis bronchų iškreipimu ir retrakcija. Retesnis yra „korio“ tipas (25 % fibrozės atvejų), kuriam, dažniausiai viršutinėse skiltyse, būdingos storasienės cistos prie pleuros. Trečias yra „linijinis“ tipas (25 % fibrozės atvejų), kai linijiniai patamsėjimai išsidėsto centrinėse, bronchocentrinėse ir periferinėse plaučių dalyse (29).



9 paveikslas. Vainikinis (a) ir ašiniai (b), (c) skirtingų pacientų KT vaizdai. Fibroziniai pakitimai plaučių sarkoidozės atvejais. Ryški peribronchovaskulinė fibrozė su trakcinėmis bronhektazėmis (a) ir (b). Storasienės oru pripildytos cistos viršutinėse plaučių skiltyse (c) (11,29).

5.2.1.8. Pleuros pažeidimai

Pleuros pažeidimai plaučių sarkoidozės atvejais taip pat pasitaiko, nors yra reti. Radiologiniuose vaizduose jie gali atrodyti kaip pleuros sustorėjimas (dažniausiai), pleuros efuzija ar pneumotoraksas (labai retai) (11,17). Verta paminėti ir tai, kad tikrąjį pleuros pažeidimų mastą nustatyti nėra lengva, kadangi, pavyzdžiui, pleuros sustorėjimas gali būti imituojamas pleuros traukimosi į vidų (11).

5.2.1.9. Ertminiai pakitimai

Labai retai pažengusios plaučių sarkoidozės atvejais gali pasitaikyti ir ertminių pakitimų (11,17). Vis dėlto, tikrieji ertminiai pakitimai plaučių sarkoidozės atvejais yra ypač reti – mažiau nei 1 % atvejų. Dažniau stebimi į ertminio tipo pakitimus panašūs, pavyzdžiui, randinės bulos ir cistinės bronhektazės, susidariusios dėl pažengusios fibrozės plaučiuose (29).

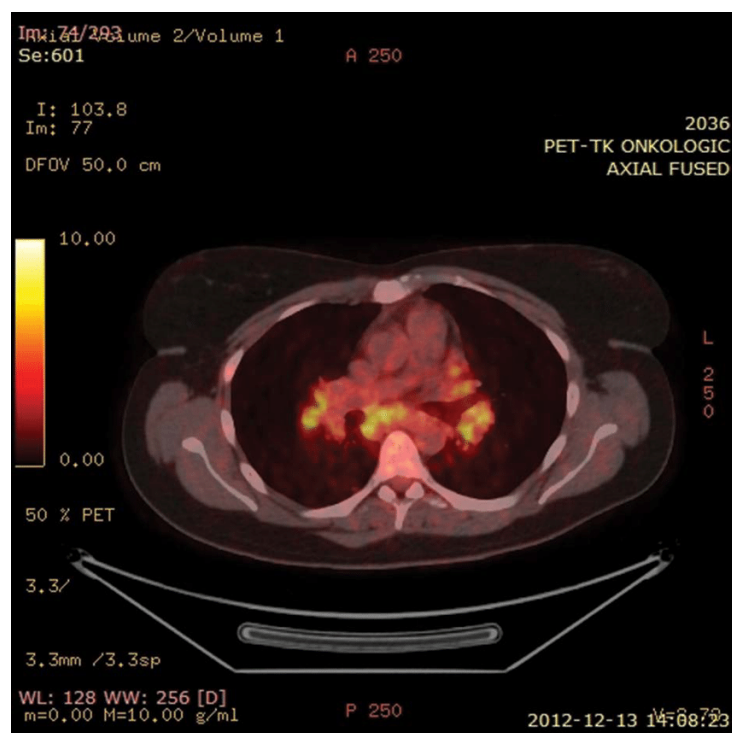
5.2.2. Grįžtamų ir negrįžtamų pakitimų vertinimas kompiuterinėje tomogramoje

Kalbant apie plaučių sarkoidozei būdingus pakitimus verta paminėti ir tai, kad jie gali būti skirstomi į grįžtamus ir negrįžtamus. KT stebimi pakitimai, kurie laikomi galinčiais išnykti savaime

arba taikant gydymą, yra židiniai, peribronchovaskuliniai plaučių audinio sutankėjimai. Varijuojantis išnykimas būdingas konsolidacijoms ir „matinio stiklo“ pakitimams. Galiausiai, prie negrįžtamų pakitimų priskiriami plaučių struktūriniai pokyčiai, bronhektazės, „korio“ vaizdo zonos ir emfizeminės bulos (30). Grįžtamų ir negrįžtamų pakitimų diferenciacija yra svarbi ligos prognozės nustatymui ir padeda priimti sprendimus dėl tolimesnio ligos valdymo (28,30).

5.3. Pozitronų emisijos tomografija su kompiuterine tomografija

Kitas svarbus tyrimas plaučių sarkoidozės atvejais yra pozitronų emisijos tomografija (PET), ypač kombinacijoje su KT (PET/KT), kadangi jis leidžia nustatyti vietas, kuriose aktyviai vyksta uždegimas. (11,27,28,30). Sarkoidozės atveju kaupiasi uždegiminės ląstelės, kurios dėl intensyvaus metabolizmo aktyviai „sugeria“ radioaktyvų žymeklį (dažniausiai naudojamas fluoru žymėtas gliukozės analogas ^{18}F -FDG). ^{18}F -FDG patenka į ląstelę per jos membraną ir yra fosforilinama, dėl ko virsta ^{18}F -FDG-6-fosfatu, kuris toliau nebėra metabolizuojamas, tad akumuliuojasi ląstelėje – PET ar PET/KT padeda vizualizuoti tas vietas, kur šio metabolito koncentracija didžiausia (30). PET/KT vaizdo pavyzdys plaučių sarkoidozės atveju pateikiamas 10 pav. PET/KT tyrimas suteikia galimybę tiksliau lokalizuoti pakitimus, sutrumpinti ištyrimo trukmę bei padidinti diagnostinį tikslumą derinant anatominius pakitimus su padidinto metabolinio aktyvumo zonomis. Be to, kadangi jis įprastai apima daugiau nei tik krūtinės ląstą, tai kartais leidžia nustatyti papildomus, ne tik plaučiuose esančius sarkoidozės židinius (30). Vis dėlto, nors PET/KT gali būti labai naudinga, įprastiniam ištyrimui nėra rekomenduojama (28,31). Diagnostikai šis tyrimas taikomas, kai įtariamos plaučių sarkoidozės simptomai ar kituose vaizdiniuose tyrimuose stebimi požymiai yra neaiškūs – tokiais atvejais papildoma informacija, tiksliau nurodanti pažeidimų išsidėstymą ir ligos aktyvumą, gali būti labai svarbi (27,28). Diagnozės patikslinimas naudojant PET padeda grįžtamus pažeidimus (aktyvius, įprastai uždegiminius) atskirti nuo negrįžtamų (neaktyvių, įprastai fibrozinųjų) (31). Taip pat, net jei nėra simptomų ir kituose vaizdiniuose tyrimuose pakitimų nestebima, PET gali atskleisti pažeidimus, kuriuose aktyviai vyksta uždegimas, o kartais, net ir esant fibroziniais pakitimams, juose parodyti aktyvią ligą, kas leidžia nepraleisti šanso taikyti gydymą. Tai reiškia, kad kartais būtent PET gali atskleisti gydymo taikymo tinkamumą ir prognozę (28,30).



10 paveikslas. Ašinis PET/KT vaizdas. Padidėjęs ^{18}F -FDG kaupimas plaučių šaknų ir subkarininiuose limfmazgiuose sarkoidozės atveju (30).

5.4. Vaizdiniai tyrimai plaučių sarkoidozės stebėjimui

Vaizdiniai tyrimai plaučių sarkoidozės atvejais naudingi ne tik diagnostikai, bet ir ligos sekimui siekiant fiksuoti regresiją ar progresavimą, nustatyti taikomo gydymo efektyvumą bei atkryčius jį nutraukus (27). Vis dėlto, verta pabrėžti ir tai, kad sekimui svarbūs ne tik radiologiniai vaizdai, bet ir simptomai bei plaučių funkcijos testai. Pastaraisiais įvertinamas 5–10 % FVC ar 10–15 % DLCO sumažėjimas gali rodyti kliniškai reikšmingą progresavimą, tačiau plaučių funkcijos rodikliai, kaip ir simptomai, neturėtų būti vertinami izoliuotai (27,36). Priklausomai nuo ligos sunkumo, stebėjimo intervalai gali skirtis, pavyzdžiui, esant Lofgrenio sindromui (sarkoidozės forma, kuriai būdinga mazginė eritema, abipusis plaučių šaknų limfmazgių padidėjimas, migruojantis poliartritas bei karščiavimas) ar „1 stadijos“ pagal Scadding plaučių sarkoidozei stebėjimas rekomenduojamas kas 6 mėnesius, o esant „2–4 stadijai“ – nuo kas 3 mėnesius iki kas metus (27,37). Taip pat, priklausomai nuo „stadijos“ skiriasi ir rekomenduojamos stebėjimo trukmės (27). Plačiau skirtingų radiologinių tyrimų taikymas šios ligos stebėjimui aptariamas toliau.

5.4.1. Krūtinės ląstos rentgenografija stebėjimui

Įprastai plaučių sarkoidozės stebėjimui pagrindiniu vaizdiniu tyrimu laikoma krūtinės ląstos rentgenografija, bent iš dalies dėl to, kad ji pasižymi mažiausia jonizuojančiosios spinduliuotės doze lyginant su kitais minėtais plaučių sarkoidozės atvejais naudojamais radiologiniais tyrimais (27,28,30). Daugeliui pacientų progresuojant ligai rentgeno nuotraukose stebimi pakitimai, kurie

dažnai dera su simptomais ir prastėjančia plaučių funkcija, tačiau būtent vertinimas pagal Scadding „stadijas“ ligos progresavimą atspindi mažiau tiksliai (27,28).

5.4.2. Krūtinės ląstos kompiuterinė tomografija stebėjimui

Didelis KT jautrumas yra privalumas diagnostikoje, tačiau stebėjimui tai gali būti laikoma trūkumu, kadangi šis tyrimas parodo daugiau subtilių pakitimų, kurie ne visada siejaisi su pasireiškiančia simptomatika. Nors KT įprastai nerekomenduojama plaučių sarkoidozės sekimui, šis tyrimas gali būti naudingas nesutampant simptomams, plaučių funkcijos rodikliams ir požymiams krūtinės ląstos rentgenografijos vaizduose, esant nepaaiškinamam simptomų ar plaučių funkcijos pablogėjimui, simptomams, kurie gali indikuoti pavojingą būklę (pavyzdžiui, atsikosėjimas krauju), įtariant komplikacijas ar esant neaiškiems radiniams rentgenogramoje (27,28).

5.4.3. Pozitronų emisijos tomografija su kompiuterine tomografija stebėjimui

Dėl galimybės vizualizuoti būtent aktyvios ligos zonas, PET/KT yra unikalus tyrimas, kuris taip pat kai kuriais atvejais gali būti taikomas plaučių sarkoidozės progresavimo bei jai taikomo gydymo efektyvumo stebėjimui. (27,30). Be to, pakitimų išsidėstymas stebimas PET gali suteikti papildomos prognostinės informacijos, pavyzdžiui, tikėtiną ligos progresavimą gali nurodyti difuziškas jų pasiskirstymas (30).

5.5. Plaučių sarkoidozės diferencinė diagnostika

Plaučių sarkoidozės diagnostiką komplikuoja platus šios ligos pasireiškimo spektras, dėl ko ją galima nesunkiai supainioti su kitomis patologijomis (38,39). Specifiškai tik plaučių sarkoidozei būdingų požymių nėra (net histologinis tyrimas ir jame aptinkamos granulomos ne visada leidžia ekskliuduoti kitas priežastis, dėl kurių jos taip pat galėjo susidaryti), tad, kaip minėta, diagnozei nustatyti reikia vertinti požymių visumą (38,40). Diferencinei diagnostikai labai svarbi nuosekli anamnezė (reikšmingi paciento amžius, šeiminė anamnezės dalis, kelionės, rūkymas, infekcinių, su darbu susijusių, aplinkos rizikos faktorių poveikis, vartojami preparatai ir kt.) bei fizinis ištyrimas (31,38,40). Svarbu įvertinti ne tik individualius faktorius, bet ir epidemiologinę situaciją – sarkoidozės ar alternatyvių ligų tikimybę remiantis, pavyzdžiui, paplitimu atitinkamame regione ar populiacijoje (31,38). Diferencinei diagnostikai taip pat labai reikšmingi yra vaizdiniai tyrimai, ypač KT. Remiantis pradiniu ištyrimu gautais duomenimis sprendžiama, ar/kokie tyrimai reikalingi tolimesniam diagnozės tikslinimui, pavyzdžiui, mikrobiologiniai, limfocitų proliferacijos testai su metalais, autoantikūnų nustatymas ar genetiniai. Kai kuriais atvejais gautos informacijos tiksliai diagnozei gali nepakakti, tad reikalingas paciento stebėjimas ir tyrimų kartojimas (38). Verta paminėti ir tai, kad sarkoidozės diagnozė niekada nėra 100 % patikima, tad pagrįsta ją vertinti bent šiek tiek skeptiškai, ypač jei naujai aptinkami požymiai leidžia įtarti alternatyvias ligas (31).

Patologijos, kurios turėtų būti diferencijuojamos su plaučių sarkoidoze, skirstomos į grupes: infekcinės (pavyzdžiui, tuberkuliozė), su aplinkos faktoriais susijusios (pavyzdžiui, beriliozė ar kitos metalų indukuotos granulomatozės), su vaistų vartojimu susijusios (pavyzdžiui, TNF- α antagonistų ar imuninių kontrolės taškų inhibitorių vartojimo sukeltos granulomatozės), imunodeficitinės (pavyzdžiui, įprastas kintamasis imunodeficitas), genetinės (pavyzdžiui, Blau sindromas), autoimuninės/uždegiminės (pavyzdžiui, granulomatozė su poliangiitu) ir proliferacinės (pavyzdžiui, limfoma). Šioms ligoms būdingi požymiai su plaučių sarkoidoze persidengia skirtingai, ypač artimai plaučių sarkoidozę imituoti gali beriliozė ar tam tikrų vaistų sukelta granulomatozė (38). Keletas daugiausiai literatūroje minimų patologijų, kurias svarbu diferencijuoti su plaučių sarkoidoze, kartu su joms būdingiausiais požymiais stebimais KT pateikiamos 2 lentelėje. Nors išskiriami tam tikrų ligų atvejais labiau būdingi požymiai, platus plaučių sarkoidozės pasireiškimo spektras vis tiek gali lemti sudėtingą diferencinę diagnostiką (11,28,29,34,38).

2 lentelė. Plaučių sarkoidozės diferencinė diagnostika.

Patologija	Būdingi radiniai vaizdiniuose tyrimuose (KT) svarbūs diferencinei diagnostikai
Plaučių sarkoidozė	• Abipusis simetriškas plaučių šaknų ir tarpuplaučio limfmazgių padidėjimas, • Smulkūs perilimfatiniai židiniai daugiausiai besidėstantys viršutinėse ir vidurinėse plaučių dalyse.
Tuberkuliozė	• Asimetriškas, vienusis plaučių šaknų ir/ar tarpuplaučio limfmazgių padidėjimas, neretai su nekroze, • Centrilobuliariniai (pumpuruotos šakelės (<i>angl. tree-in-bud</i>) ženklas) ar miliariškai besidėstantys židiniai, • Konsolidacija ipsilateraliai limfadenopatijai, • Dažni ertminiai pakitimai, • Pleuros efuzija.
Silikoze	• Kiaušinio lukšto tipo plaučių šaknų ar tarpuplaučio limfmazgių kalcifikacija, • Smulkūs centrilobuliariniai ar subpleuraliai besidėstantys židiniai.
Limfoma	• Masyvus, dažnai asimetriškas plaučių šaknų ar tarpuplaučio limfmazgių padidėjimas.

Keletas dažniausiai literatūroje minimų patologijų, kurias reikia diferencijuoti su plaučių sarkoidoze bei kiekvienai iš jų dažnai būdingi pakitimai stebimi vaizdiniuose tyrimuose (KT) (11,29,34,38).

5.6. Įprastų vaizdinių tyrimų trūkumai

Kaip minėta, įprasti vaizdiniai tyrimai, nors naudingi plaučių sarkoidozės diagnostikai, turi ir ribotumą. Jie ne tik ne visais atvejais gali padėti diferencijuoti plaučių sarkoidozę nuo kitų patologijų, kadangi joms būdingi požymiai gali persidengti, tačiau jie taip pat vaizdų gavimui naudoja jonizuojančiąją spinduliuotę (41). Skirtingų vaizdinių tyrimų jonizuojančiosios spinduliuotės dozės pateikiamos 3 lentelėje. Kadangi jonizuojančioji spinduliuotė siejama su didesne piktybinių ligų rizika, siekiant diagnostinio tikslo jos dozė turėtų būti kiek įmanoma mažesnė (13,14). Papildomai, krūtinės ląstos rentgenografijos trūkumas yra gana nedidelė raiška, o PET/KT yra mažiausiai prieinamas, ribotai vaizdina < 8 mm židinius bei gali būti klaidingai teigiamas pacientui pavalgis ar sergant cukriniu diabetu (30,41). Atsižvelgiant į šiuos ribotumus, pagrįsta vertinti MRT galimybes, kadangi šis tyrimas jonizuojančiosios spinduliuotės visai nenaudoja ir potencialiai galėtų būti naudingas plaučių sarkoidozės atvejais.

3 lentelė. Skirtingų vaizdinių tyrimų naudojamų plaučių sarkoidozės atvejais jonizuojančiosios spinduliuotės dozės.

	Krūtinės ląstos rentgenografija	Krūtinės ląstos KT	PET/KT
Jonizuojančiosios spinduliuotės efektinė dozė	0,1 mSv (41)	~ 6,1 (2–20) mSv (41)	16–26 mSv (41)

6. MAGNETINIO REZONANSO TOMOGRAFIJA PLAUČIŲ VAIZDINIMUI

MRT ilgai buvo laikoma netinkamu metodu plaučių vaizdinimui dėl mažo protonų tankio juose ir artefaktų, kuriuos sukelia kvėpavimo ar širdies judesiai, bei tų, kurie atsiranda dėl magnetinio jautrumo (*angl. susceptibility*) skirtumų tarp plaučių parenchimos ir oro (16,18–22,42). Visa tai lemia mažesnį signalo ir triukšmo santykį, o kartu – prastesnę erdvinę raišką ir bendrą vaizdo kokybę (15,17,22,42). MRT naudojimą riboja ir tai, kad ji, lyginant su šiandien įprastai atliekama KT, yra gana brangus ir mažiau prieinamas bei ilgiau trunkantis tyrimas (17,43). Nors ir dabartinėje klinikinėje praktikoje MRT nėra laikoma tinkamiausiu metodu plaučių vaizdinimui, technologinė pažanga išplėtė jos taikymo galimybes (16,17,22). Šiandien per trumpesnę laiką galima gauti pakankamai geros kokybės plaučių MRT vaizdus taikant tokius technologinius sprendimus kaip paralelinis vaizdinimas (*angl. parallel imaging*) (naudojamas saikingai, kadangi taikant jį sumažėja signalo ir triukšmo santykis), judesio artefaktus mažinančios technikos, tokios kaip BLADE, specialios sekos ir vaizdų apdorojimo sistemos (16–18,20–22). Vaizdinant plaučius MRT svarbus ir

kvėpavimo sulaikymas, todėl pacientams, kuriems sunku tai padaryti, gali būti naudingas skenavimo sinchronizavimas su kvėpavimu (*angl. respiration gated or triggered acquisition modes*), tačiau svarbu pabrėžti ir tai, kad kai kuriais atvejais gali pakakti detalesnio paaiškinimo, kaip elgtis tyrimo metu (20,42).

6.1. Plaučių sarkoidozei vaizdinti naudojamos magnetinio rezonanso tomografijos sekos

Plaučių sarkoidozės vaizdinimui MRT siūloma derinti įvairias sekas bei išgauti vaizdus keliuose plokštumose, kas leidžia tiksliau įvertinti anatominės struktūras ir patologinius pakitimus (16,20). Plaučių MRT pradedama orientacine (*angl. localizer*) seka. Po jos įprastai atliekama T2 seka, pavyzdžiui, HASTE ar SS-FSE (44). T2 sekos naudingos plaučių sarkoidozės atvejais, kadangi šiai ligai būdingi uždegiminiai pakitimai šiose sekose dėl didesnio vandens/protonų kiekio vizualizuojami kaip intensyvesnio signalo zonos, o tuo tarpu fibrozė dažniau stebima hipointensinio signalo (17,20,21,44). Be to, kartais, ypač esant pažengusiai plaučių sarkoidozei, pacientams gali būti sunku sulaikyti kvėpavimą, todėl minėtų greitų T2 sekų taikymas yra ypač naudingas (44).

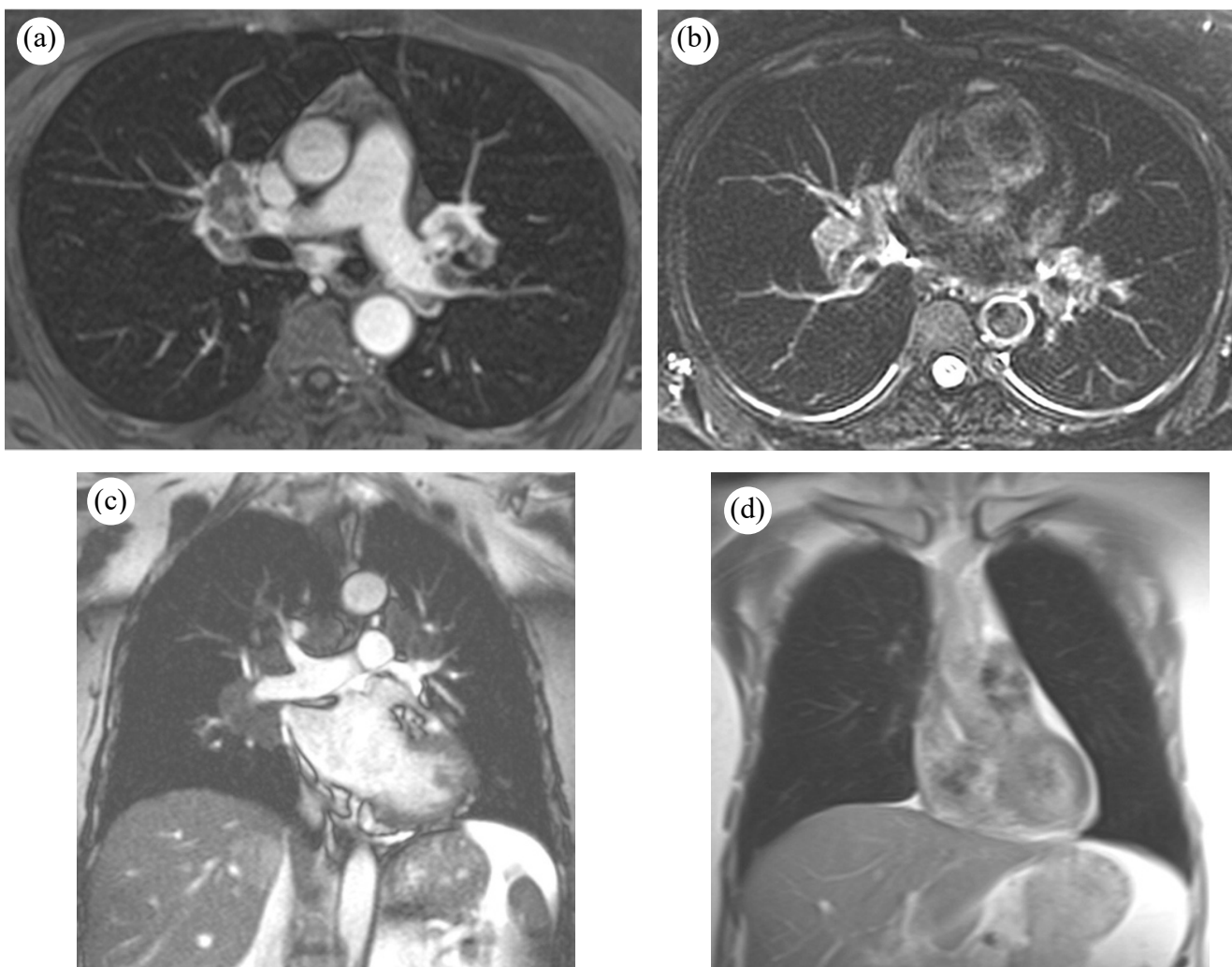
Plaučių sarkoidozei vaizdinti taip pat naudojamos ir T1 3D-GRE sekos tokios kaip VIBE ar FAME (17). T1 3D-GRE sekos naudingos plaučių parenchimos židinių, plaučių fibrozės ir tarpuplaučio vaizdinimui, o kartu naudojant gadolinio kontrastinę medžiagą pakitimai gali būti aptinkami ir vertinami dar tiksliau (16–18,44). Kontrastinės MRT sekos plačiau aptariamoms šio skyriaus pabaigoje.

Taip pat, gali būti atliekama papildoma SSFP GRE seka, pavyzdžiui, TrueFISP (44). Naudojant SSFP GRE sekas fiksuojami mišrūs T1/T2 vaizdai, jos yra mažiau jautrios judesiams ir užtrunka trumpiau lyginant su, pavyzdžiui, SS-FSE, ir gali būti naudojamos plaučių sarkoidozės pakitimų vaizdinimui pacientui laisvai kvėpuojant (16–18,44).

Plaučių sarkoidozės vaizdinime gali būti naudojamas ir MRT DWI (20). DWI vaizduose atsispindi vandens molekulių judėjimas ir difuzija, kurie priklauso nuo audinių mikrostruktūros (35,45). DWI bei ADC plaučių sarkoidozės atvejais daugiausia naudingi pakitusių limfmazgių vertinimui, diferenciacijai nuo kitų, ypač piktybinių, ligų (45).

Kontrastinės sekos, dažniausiai naudojamos T1 3D-GRE, įprastai atliekamos tyrimo pabaigoje (17). Kalbant apie MRT su gadolinio kontrastine medžiaga, paminėtina ir DIR-FGRE seka, kurią naudojant gali būti vertinamas vėlyvas gadolinio kaupimas, kuris, kaip ir širdies sarkoidozės atvejais, siejamas su fibroze (LGE gali būti lemtas smulkių plaučių kraujagyslių pažeidimo, kas trukdo kontrastinei medžiagai pasišalinti), tad gali padėti geriau ją atpažinti (15,17,44,46,47).

Vienoje iš šiame darbe apžvelgiamų studijų naudotas MRT protokolas plaučių sarkoidozės vaizdinimui pateikiamas 11 pav.



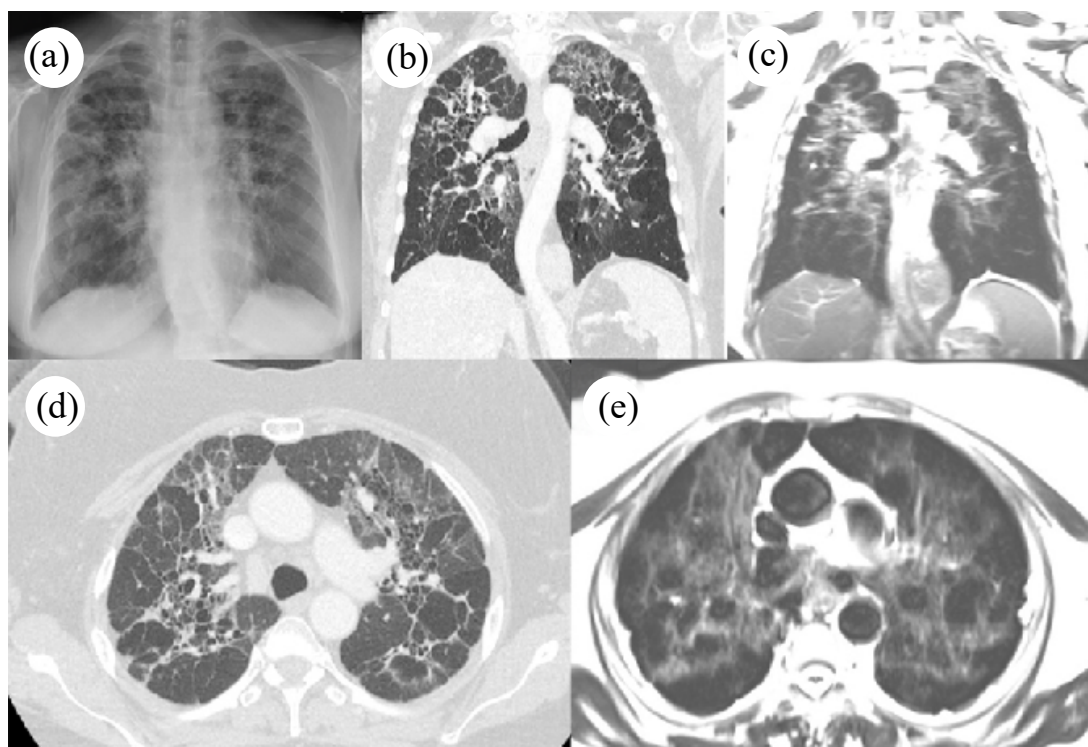
11 paveikslas. Chung ir kolegų tyrime naudotas MRT protokolai plaučių sarkoidozės vaizdinimui. Ašinis kontrastinės VIBE sekos vaizdas (a), ašinis T2-FSE (BLADE) sekos vaizdas (b), vainikinis TrueFISP sekos vaizdas (c) ir vainikinis HASTE sekos vaizdas (d). Stebima tarpuplaučio ir plaučių šaknų limfadenopatija (16).

7. MAGNETINIO REZONANSO TOMOGRAFIJOS GALIMYBĖS PLAUČIŲ SARKOIDOZĖS DIAGNOSTIKOJE

Kaip minėta ankstesnėje dalyje, šiandien plaučių sarkoidozė dažniausiai vaizdinama pasitelkiant krūtinės ląstos rentgenografiją ar KT, pastarąją laikant tiksliausia. Atsižvelgiant į tai, MRT galimybių šios ligos atvejais vertinimą verta pradėti nuo šiais tyrimais gaunamų rezultatų palyginimo.

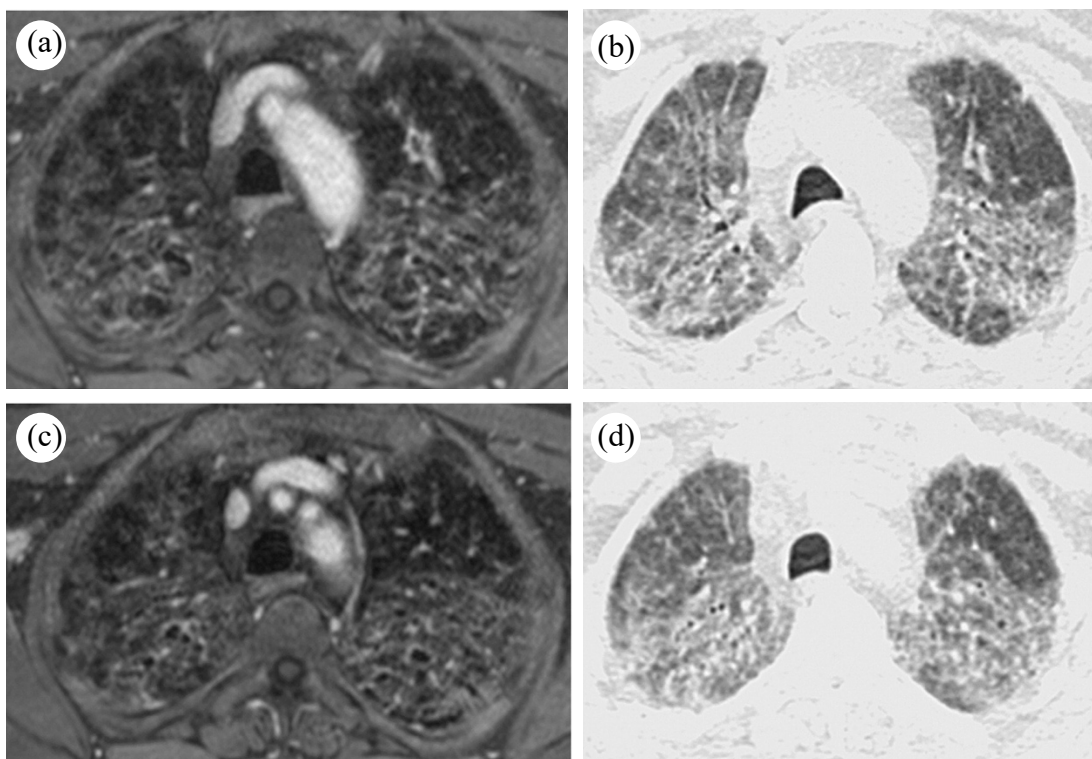
7.1. Bendras magnetinio rezonanso tomografijos palyginimas su įprastais tyrimais plaučių sarkoidozės vaizdinimui

Naujausias iš šiame darbe apžvelgiamų Griffin ir kolegų prospektyvinis MRT naudojimo plaučių sarkoidozės atvejais tyrimas, kuriame dalyvavo 77 pacientai, nustatė, kaip stipriai krūtinės ląstos MRT koreliuoja su KT ir rentgenografija (22). Rentgeno vaizdų vertinimui buvo pasitelkta Scadding skalė, o KT ir MRT vaizdams – Scleroderma Lung Study I sistema (kiekvienas plautis padalintas į tris dalis: viršutinę (iki aortos lanko), vidurinę (nuo aortos lanko iki apatinių plaučių venų) ir apatinę (nuo apatinių plaučių venų). Kiekvienoje iš šių dalių pakitimai vertinti nuo 0 iki 4 pagal tai, kokią dalį vertinamosios srities jie apėmė (0 – pakitimų nėra; 1 – nuo 1 % iki 25 %; 2 – nuo 26 % iki 50 %; 3 – nuo 51 % iki 75 %; 4 – nuo 76 % iki 100 %)) (22,48). Šio tyrimo rezultatai parodė stiprią MRT (HASTE seka) ir KT koreliaciją (Spearmano koreliacijos koeficientas 0,851, $p < 0,05$). Taip pat, stebėta ir MRT koreliacija su krūtinės ląstos rentgenografija (Spearmano koreliacijos koeficientas 0,649, $p < 0,001$) (22). Pavyzdžiai, kaip Griffin ir kolegų tyrime plaučių sarkoidozė atrodė krūtinės ląstos rentgenografijos, KT ir MRT vaizduose pateikiami 12 pav.

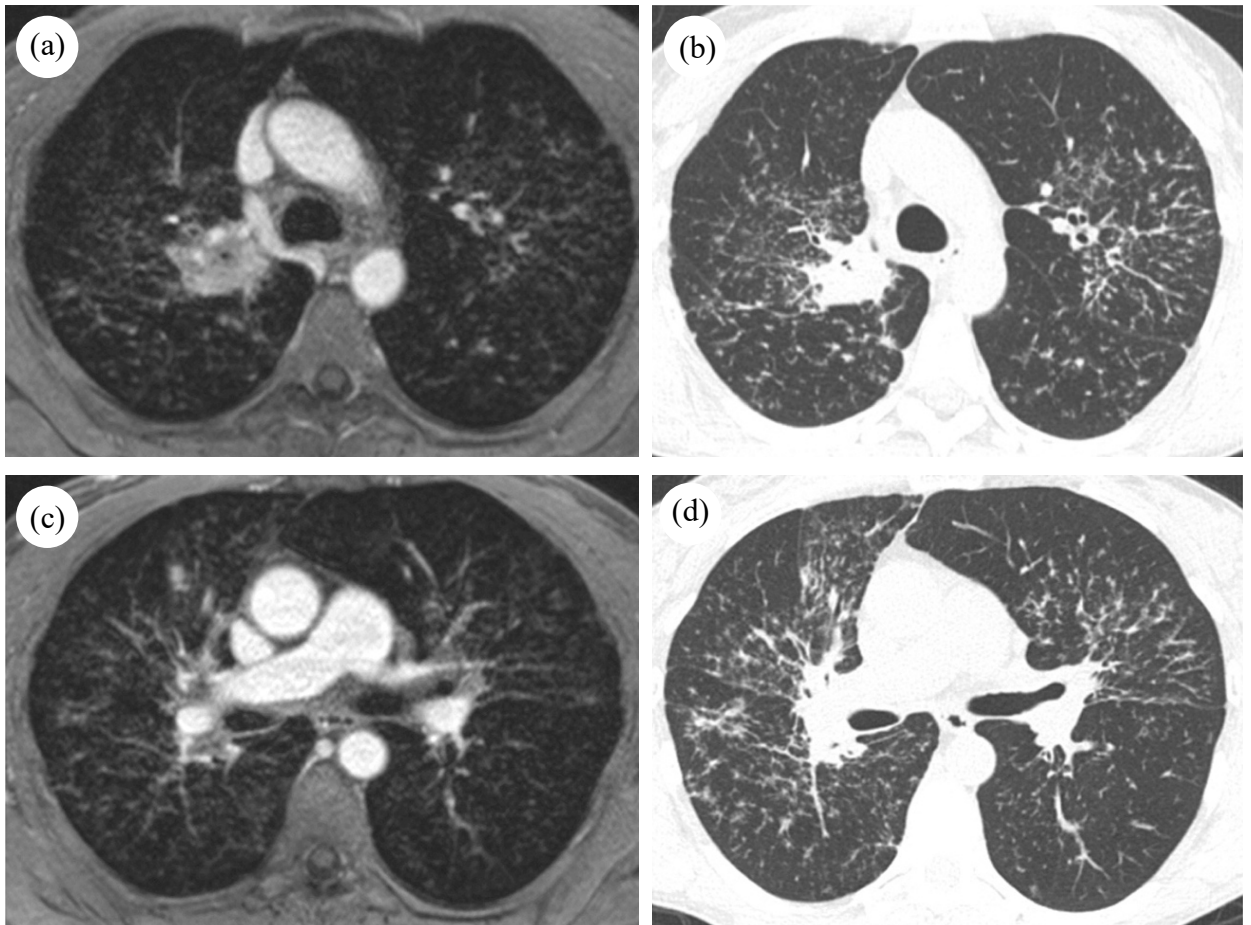


12 paveikslas. „IV stadijos“ pagal Scadding skalę plaučių sarkoidozė krūtinės ląstos rentgenogramoje (a). Vainikinis (b) ir ašinis (d) KT vaizdai atitinkantys vainikinį (c) ir ašinį (e) MRT HASTE sekos vaizdus. Viršutinėse plaučių skiltyse dominuojantys retikuliniai pakitimai ir trakcinės bronchektazės (22).

Chung ir bendraautoriai taip pat atliko tyrimą, kuriame MRT (HASTE, T2-FSE (BLADE), TrueFISP ir VIBE su kontrastine medžiaga) lygino su KT 29 pacientams sergantiems plaučių sarkoidoze. Šiame tyrime MRT ir KT vaizdams vertinti naudota plaučių sarkoidozei pritaikyta skalė, paremta cistinės fibrozės tyrimams naudojama sistema (pakitimai suskirstyti į keturias pagrindines kategorijas (plaučių parenchimos opacifikacija, retikuliniai pakitimai, židiniai bei masės), iš kurių kiekviena vertinta skirtingose plaučių skiltyse atskirai: 0 (pakitimų vertinamoje skiltyje nestebima), 1 (pakitimai apima iki 50 % vertinamos skilties) ir 2 (pakitimai apima daugiau nei 50 % vertinamos skilties). Rezultatai parodė mažesnę medianinę MRT įvertį lyginant su KT: MRT 4 (0–18, IQR 7,25), KT 8 (0–18, IQR 8,25) (medianinis MRT ir KT bendro įvertinimo skirtumas siekė 2 (IQR 4)). Vis dėlto MRT ir KT gana gerai sutarė (svertinis Koheno kappa koeficientas (*angl. Cohen's weighted kappa*) 0,646), o kai vieno metodo įvertinimas buvo didesnis, dažniausiai ir kito buvo didesnis (Spearmano koreliacijos koeficientas 0,774 ($p < 0,0001$)). Pastebėta ir tai, kad MRT ir KT labiau sutarė vertinant viršutines plaučių skiltis, lyginant su apatinėmis (svertinių Koheno kappa koeficientų skirtumas 0,112). Autorių teigimu, tai galėjo lemti judesio bei HASTE sekos artefaktai, galėję dengti pakitimus apatinėse plaučių skiltyse (16). Pavyzdžiai, kaip Chung ir kolegų tyrime plaučių sarkoidozė tam pačiam pacientui atrodė MRT ir KT vaizduose pateikiami 13 pav. ir 14 pav.



13 paveikslas. Ašiniai MRT VIBE sekos (naudojant kontrastinę medžiagą) (a) ir (c) bei atitinkami KT (b) ir (d) vaizdai. Viršutinėse plaučių skiltyse stebima parenchimos opacifikacija, retikuliniai pakitimai ir trakcinės bronchetazės (16)



14 paveikslas. Ašiniai MRT VIBE sekos (naudojant kontrastinę medžiagą) (a) ir (c) bei atitinkami KT (b) ir (d) vaizdai. Apatinėse skiltyse stebimi perilimfatiškai besidėstantys smulkūs židiniai bei konglomeratinė masė dešiniojo plaučio šaknies srityje (16).

7.2. Magnetinio rezonanso tomografijos galimybės vertinant skirtingus plaučių sarkoidozei būdingus pakitimus

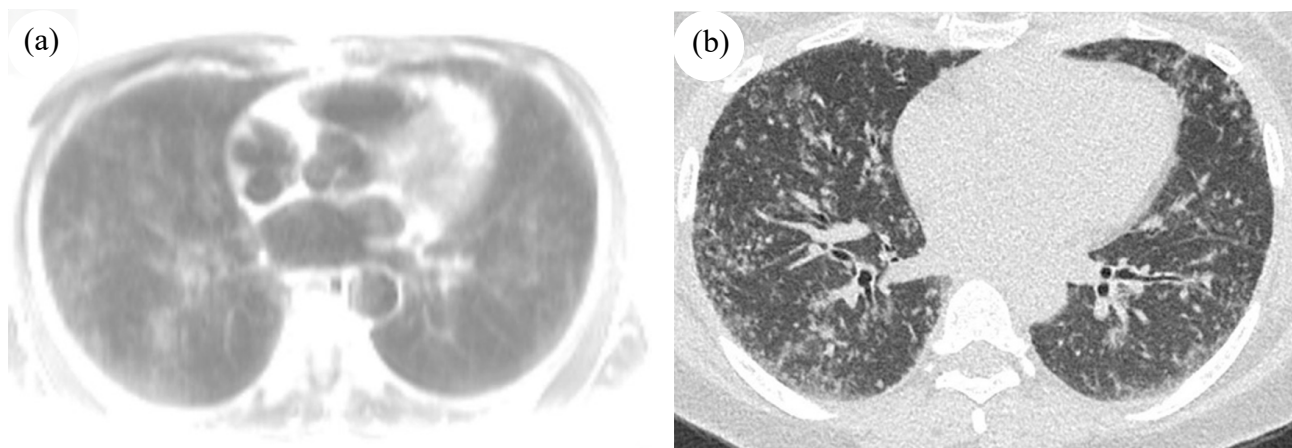
Nors MRT plaučių sarkoidozės atvejais, remiantis apžvelgtomis studijomis, gana gerai sutaria ir koreliuoja su įprastai naudojamais tyrimais, skirtingi vaizdinimo metodai įvairius pakitimus gali vertinti nevienodai tiksliai, todėl verta atlikti jų sutarimo ir koreliacijos analizę atskirai.

7.2.1. Plaučių parenchimos židiniai

Pirmasis studijose aptariamas plaučių sarkoidozei būdingas pakitimas yra plaučių parenchimos židiniai. Literatūroje teigiama, kad jų aptikimui MRT labai neatsilieka nuo KT – kai kurių tyrimų duomenimis MRT jautrumas nustatant plaučių parenchimos židinius didesnius nei 4 mm siekia 90 %, o didesnių nei 8 mm gali būti artimas 100 % (19–21).

Konkrečiai plaučių sarkoidozės pacientus tyrusiose studijose stebėtas KT pranašumas smulkių plaučių parenchimos židinių aptikime, lyginant su MRT: Griffin ir kolegų tyrimo rezultatai parodė, kad KT leido aptikti daugiau smulkių židinių nei MRT ($p < 0,001$), Chung ir bendraautoriai taip pat

nurodė panašius rezultatus (16,22). Pastarojoje studijoje KT smulkių židinių vertinimui skirti aukštesni balai nei MRT, o KT ir MRT mažiausiai koreliavo (Spearmano koreliacijos koeficientas 0,501, $p < 0,0001$) ir sutarė (svertinis Koheno kappa koeficientas 0,305) būtent šių pakitimų vertinime (16). Plaučių sarkoidozei būdingų smulkių plaučių parenchimos židinių vaizdinimo pavyzdžiai KT ir MRT pateikiami 15 pav.



15 paveikslas. Ašiniai MRT HASTE sekos (a) ir KT (b) vaizdai. KT aiškiau viršutinėse plaučių skiltyse matomi smulkūs perilimfatiškai išsidėstę židiniai (22).

7.2.2. Padidėjusio tankio sritys plaučių parenchimoje

Studijose taip pat analizuota, kaip MRT ir KT vertina padidėjusio tankio sritis plaučių parenchimoje (opacifikaciją). Chung ir kolegos šiam požymiui priskyrė konsolidacijas, „matinio stiklo“ pakitimus, plonas linijines arba disko formos pakitusio signalo sritis, atelektazes bei lokalias sutrikdytos plaučių struktūros zonas. Vertinant šiuos pakitimus minėtoje studijoje MRT ir KT koreliacija stebėta vidutiniškai stipri (Spearmano koreliacijos koeficientas 0,695 ($p < 0,0001$), o sutarimas vidutinis (svertinis Koheno kappa koeficientas 0,528) (16). Tuo tarpu Griffin ir kolegų tyrime vertinant padidėjusio tankio sritis plaučių parenchimoje skirtumas tarp KT ir MRT nebuvo statistiškai reikšmingas (22). Įdomu ir tai, kad didžiausias skirtumas tarp sutarimo lyginant skirtingas plaučių skiltis Chung ir kolegų studijoje stebėtas būtent vertinant padidėjusio tankio sritis plaučių parenchimoje (didesnis sutarimas stebėtas viršutinėse plaučių skiltyse, Koheno kappa koeficientų skirtumas tarp viršutinių ir apatinių plaučių skilčių 0,223). Be to, MRT ir KT sutarimas vertinant šiuos pakitimus stebėtas didesnis lyginant su kitais, ką galėjo lemti tai, kad plaučių opacifikacija lengviau pastebima, kadangi dažnai apima didesnę plotą (16).

7.2.3. Retikuliniai plaučių pakitimai

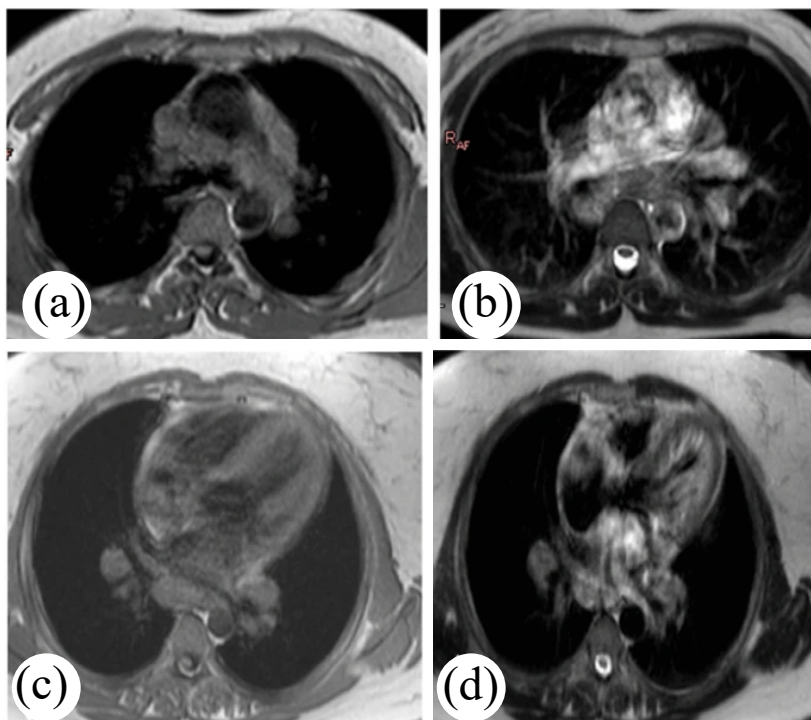
Chung ir kolegos taip pat analizavo MRT ir KT retikuliniams pakitimams plaučiuose vertinti (jiems priskyrė interlobulinių ir intralobulinių pertvarų sustorėjimą, „korio“ vaizdo zonas). Šioje

studijoje nustatyta gana stipri koreliacija tarp KT ir MRT šių pokyčių atžvilgiu (Spearmano koreliacijos koeficientas 0,609 ($p < 0,0001$) ir vidutinis sutarimas (svertinis Koheno kappa koeficientas 0,445) (16). Tuo tarpu Griffin ir kolegų studijoje retikulinių pakitimų įvertinimų skirtumai tarp KT ir MRT nebuvo statistiškai reikšmingi (22).

Be to, Chung ir kolegų tyrime vertinant retikulinius pakitimus, skirtingai nei kitus plaučių sarkoidozei būdingus radinius, apatinėse plaučių skiltyse tarp KT ir MRT fiksuotas didesnis sutarimas lyginant su viršutinėmis (5,2 %), o Koheno kappa koeficientų skirtumas tarp viršutinių ir apatinių skilčių buvo 0,018. Taip pat, įdomu ir tai, kad daugiausiai didžiausių nesutapimų tarp vaizdinimo metodų pasitaikė būtent retikulinių pakitimų vertinime. Autorių teigimu, tokius rezultatus galėjo lemti tai, kad retikuliniai pakitimai gali būti labai subtilus radinys, o mažesnė MRT skiriamoji geba galėjo apriboti jų vaizdinimą (panašiai kaip ir smulkių plaučių parenchimos židinių atvejais). Taip pat, šioje studijoje esant ryškesniems retikuliniams pakitimams buvo stebimi didžiausi skirtumai tarp KT ir MRT vertinimų, kas galėjo būti susiję su laiko intervalu tarp KT ir MRT tyrimų atlikimo, kadangi retikulinių pakitimų apimtis laikui bėgant galėjo kisti (16).

7.2.4. Limfmazgių pakitimai

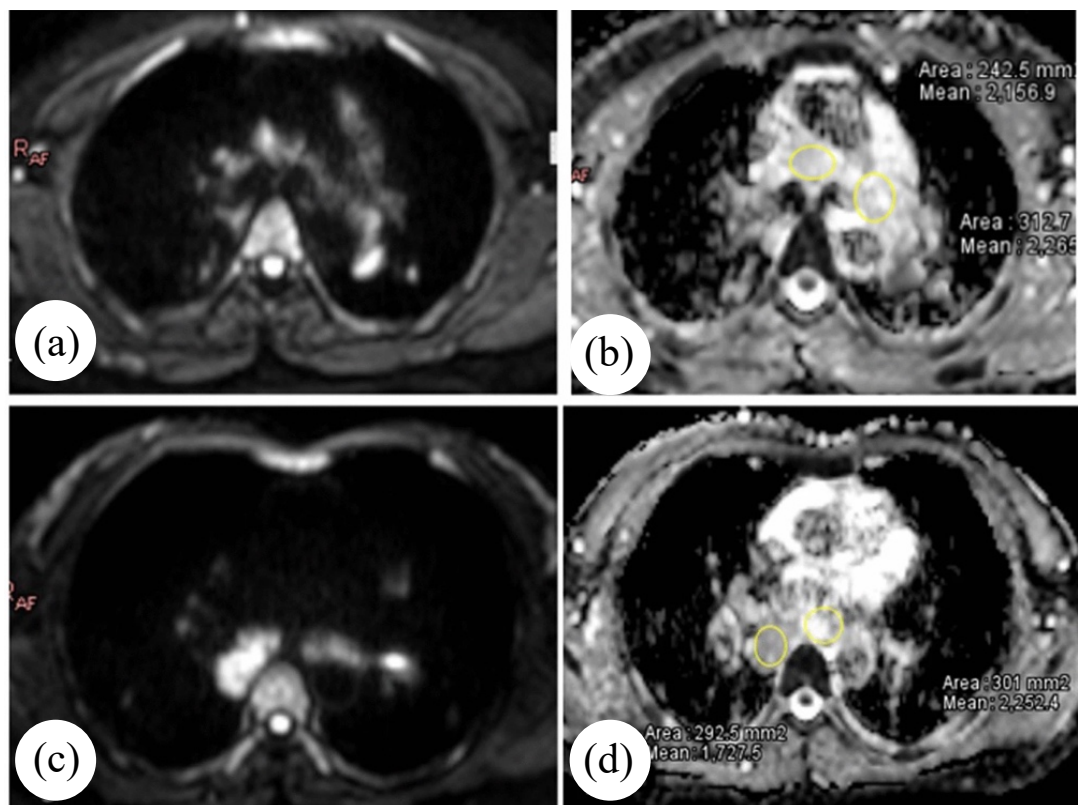
Vertinant sarkoidozei būdingą tarpuplaučio ir plaučių šaknų limfmazgių padidėjimą, MRT praktiškai prilygsta KT, o kai kurios MRT sekos gali leisti limfmazgius tiksliau atskirti nuo kraujagyslių ir taip dar preciziškiau vertinti limfadenopatijos mastą (30). Pavyzdys, kaip MRT gali atrodyti plaučių sarkoidozės atveju esanti limfadenopatija pateikiamas 16 pav.



16 paveikslas. Ašiniai T1 sekos (a) ir (c) bei T2 sekos (b) ir (d) vaizdai. T1 sekose limfmazgiai vidutinio intensyvumo, o T2 – didesnio intensyvumo (35).

Plaučių sarkoidozės atvejais aprašyti ir MRT (T2-FSE (BLADE) sekoje) stebėti tamsiau atrodantys limfmazgiai – „tamsių limfmazgių“ ženklas (DLNS). Šiems limfmazgiams būdinga vidinė hipointensinė sritis, kuri yra apsupta hiperintensiniu kraštu (lyginant su paravertebralinais raumenimis). (17). Įdomu ir tai, kad Chung ir kolegos pastebėjo, kad DLNS, kuris jų studijoje viso aptiktas apie pusę tirtų pacientų, nebuvo dažniau stebimas tarp tų, kuriems KT nustatyta tų pačių limfmazgių kalcifikacija. Be to, kai DLNS ir kalcifikuoti limfmazgiai rasti kartu, daugeliu atvejų (71,4 %) hipointensinė sritis MRT tęsiasi ir už kalcifikacijos ribų (49). Tai leidžia manyti, kad DLNS atspindi centrinę limfmazgių fibrozę, o ne kalcifikaciją (17).

Be to, kaip minėta, sarkoidozei būdingam limfmazgių pakitimui vertinti, o kartu ir diferencinei diagnostikai, gali būti naudinga ir MRT DWI. De Souza Santos ir kolegos atliko retrospektyvinę studiją, kurioje tyrė 47 pacientus sergančius histologiškai patvirtinta sarkoidoze ar limfoma. Rezultatai parodė, kad vidutinė pakitusių limfmazgių ADC vertė limfomos grupėje buvo reikšmingai mažesnė nei sarkoidozės grupėje (atitinkamai $0,993 \pm 0,508 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ir $1,668 \pm 0,732 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, p vertė 0,002) (39). Sabri ir kolegos retrospektyviu tyrimu taip pat analizavo MRT DWI panaudojimą vertinant sarkoidozei būdingą limfadenopatiją ir 30 pacientų, sergančių KT ir histologiškai patvirtinta sarkoidoze, nustatė gana panašią vidutinę ADC vertę, kuri jų studijoje buvo $1,76 \pm 0,28 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ (35). De Souza Santos ir kolegų tyrime taip pat nustatyta ir ribinė ADC vertė $1,205 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ (jautrumas ir specifiškumas atitinkamai 87,5 % ir 82,6 %), leidusi geriausiai diferencijuoti limfmazgių padidėjimo priežastį tarp sarkoidozės ir limfomos. Verta paminėti ir tai, kad šioje studijoje taip pat stebėta, kad vidutinis T2 santykis (*angl. T2 ratio*) buvo reikšmingai mažesnis sarkoidozės grupėje lyginant su limfomos (atitinkamai 5,0 ir 8,3, p vertė 0,009) (39). DWI vaizdų pavyzdys sarkoidozei būdingai limfadenopatijai vertinti pateikiamas 17 pav.

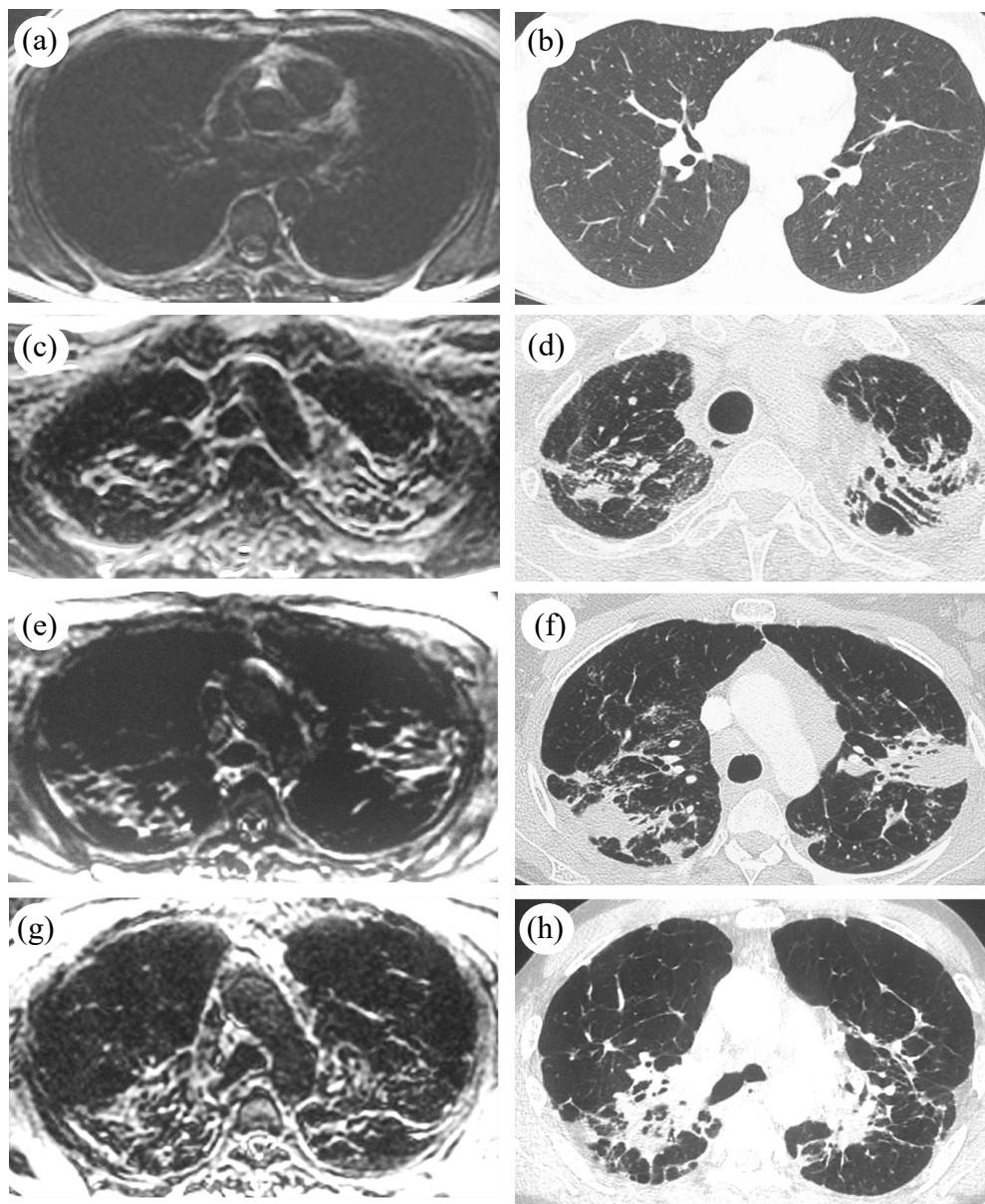


17 paveikslas. Ašiniai MRT DWI vaizdai (a) ir (c) bei ADC žemėlapiai (b) ir (d). Stebimi padidėję, dalinai susiliejančios tarpuplaučio limfmazgiai. DWI vaizduose šie limfmazgiai daugiau hiperintensyvūs, o ADC žemėlapių vaizduose jų signalas mišrus, pateikiama vidutinė ADC vertė (35).

7.3. Magnetinio rezonanso tomografija plaučių sarkoidozės aktyvumo vertinimui

Kalbant apie plaučių sarkoidozei būdingų pakitimų aktyvumo vertinimą, MRT, kaip ir širdies sarkoidozės atvejais, potencialiai gali padėti išskirti įprastai neaktyvias fibrozės zonas naudojant sekas su gadolinio kontrastine medžiaga ir jose stebint vėlyvą kontrastinės medžiagos kaupimą (LGE) (gadolinio kontrastinė medžiaga kaupiasi tarpląsteliniam tarpe, kuris fibrozuotuose audiniuose yra padidėjęs) (15,16). Tokia buvo Brady ir kolegų atlikto tyrimo hipotezė, kuriame MRT vaizdinimas pacientams sulaikant kvėpavimą atliktas naudojant su EKG sinchronizuotą DIR-FGRE seką apie 10 minučių po gadolinio kontrastinės medžiagos suleidimo. MRT ir KT buvo vertinama ir lyginama, kiek procentiškai pokyčių sudaro retikuliniai pakitimai, „korio“ vaizdo zonos ir tarpusavyje susiliejančios fibrozės masės. Rezultatai parodė, kad MRT stebimas LGE leido teisingai atpažinti visus fibrozės plaučių sarkoidozės atvejus ir kontrolinės grupės atstovus. Bendram fibrozinių pakitimų masto plaučiuose vertinimui MRT LGE gerai koreliavo su KT

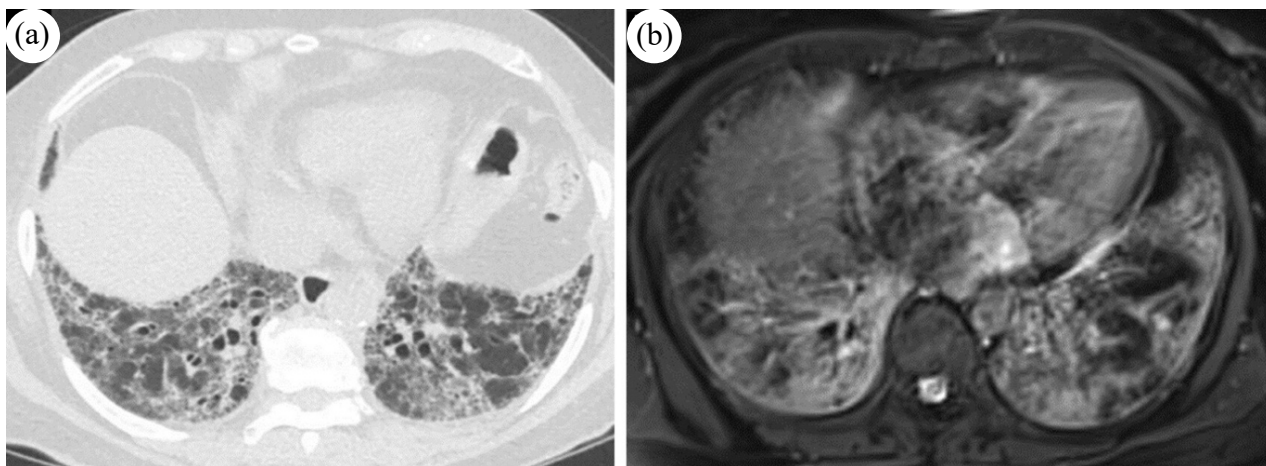
(Spearmano koreliacijos koeficientas 0,84, $p < 0,001$) (15). Fibrozės vertinimo pavyzdžiai naudojant MRT LGE kartu su atitinkamais KT vaizdais pateikiami 18 pav.



18 paveikslas. Ašiniai MRT vaizdai, kuriuose stebimas LGE (a), (c), (e), (g) ir atitinkami KT (b), (d), (f), (h) vaizdai. (a) ir (b) yra sveiko tiriamojo vaizdai, pakitimų KT (b) ar MRT LGE (a) plaučių parenchimoje nestebima. Kito tiriamojo MRT vaizde stebimos LGE zonos (c), atitinkančios KT vaizde stebimus asimetriškus, išplitusius, abiejų plaučių (ryškiau kairėje) viršutines skiltis apimančius fibrozinčius pakitimus (d). Dar vieno tiriamojo atveju MRT vaizde taip pat stebimos LGE zonos viršutinėse plaučių skiltyse esančiose konglomeratinėse fibrotinėse masėse (e), kurios, kartu su jas supančiais fibroziniiais pakitimais, matomos ir KT vaizde (f). Ketvirto tiriamojo atveju MRT vaizde (g) stebimos LGE sritys, atitinkančios KT vaizde (h) matomus išplitusius perihiliarinius fibrozinčius pakitimus (15).

Nors Brady ir kolegų studija parodė, kad MRT LGE gali padėti atpažinti fibrozę, tačiau galimybės tiksliai atskirti aktyvų uždegimą nuo įprastai neaktyvios fibrozės lieka iki galo neišaiškintos, kadangi MRT LGE nebuvo lyginamas su PET/KT – standartiniu tyrimu šiandien naudojamu plaučių sarkoidozės pakitimų aktyvumo vertinimui (15,27). Verta paminėti ir tai, kad remiantis informacija apie širdies sarkoidozę, MRT LGE tiksliai fibrozės atpažinimui ir patikimam neaktyvios ligos nustatymui yra ribojamas galimo LGE buvimo ne tik dėl padidėjusio ekstraląstelinio tūrio esant fibrozei, bet kai kuriais atvejais ir uždegimui ar edemai (50–54).

Kadangi MRT stebimas LGE nebūtinai visais atvejais parodo neaktyvius fibrozinius pakitimus, vertinant radinių aktyvumą MRT papildomai naudingos gali būti T2 sekos. Kaip minėta, MRT T2 sekose uždegiminiai pakitimai dėl didesnio vandens/protonų tankio įprastai stebimi kaip intensyvesnio signalo zonos, kas gali padėti diferencijuoti juos nuo negrižtamų ir neaktyvių fibrozių pakitimų, kuriems labiau būdingas mažesnio intensyvumo signalas (17,21,32,44). Šios papildomos potencialios MRT naudos pakitimų aktyvumo vertinime plaučių sarkoidozės atveju pavyzdys ir palyginimas su KT pateikiamas 19 pav.



19 paveikslas. Ašiniai KT (a) ir MRT T2 sekos (b) vaizdai. KT stebimi „matinio stiklo“ pakitimai, trakcinės bronhektazės, ir pertvarų sustorėjimas. MRT vaizduose dauguma KT stebėtų pakitimų atitinka intensyvesnio signalo zonas, kurios suderinamos su uždegiminiais pakitimais (32).

7.4. Plaučių sarkoidozės progresavimo atpažinimas naudojant magnetinio rezonanso tomografiją lyginant su kompiuterine tomografija

Be aptartų MRT galimybių plaučių sarkoidozės atvejais, šis vaizdinimo metodas turi potencialo būti naudojamas šios ligos progresavimo vertinime. Griffin ir kolegos vertino MRT ir KT koreliaciją su plaučių funkcija bei gebėjimą tinkamai atpažinti pacientus, kuriems plaučių sarkoidozė progresavo (tikruoju progresavimu laikyti sustiprėję simptomai ir $\geq 5\%$ forsautos gyvybinės plaučių talpos sumažėjimas vertinant po 12 mėnesių). Jų tyrime MRT ir KT koreliavo su FVC (MRT: Spearmano koreliacijos koeficientas -0,584, p vertė $< 0,001$; KT: Spearmano

koreliacijos koeficientas -0,308, p vertė 0,049) ir DLCO (MRT: Spearmano koreliacijos koeficientas -0,564, p vertė 0,004; KT Spearmano koreliacijos koeficientas -0,216, p vertė 0,017). Kalbant apie ligos progresavimo vertinimą, MRT ir KT AUC buvo vidutinis ir panašus, atitinkamai 0,71 (0,42–0,85) ir 0,68 (0,26–0,90) (minėtas ligos progresavimas buvo naudotas kaip atskaitos standartas ROC analizei). Įdomu tai, kad jautrumas nustatant plaučių sarkoidoze sergančius pacientus, kuriems liga progresavo, tiek KT, tiek MRT siekė 100 %, tačiau MRT išsiskyrė aukštesniu specifiškumu – 60 %, tuo tarpu KT jis buvo 20 %. Mažesnis KT specifiškumas gali būti susijęs su tuo, kad KT dėl didesnės erdvinės raiškos geriau aptinka smulkius pakitimus, kuriems esant nebūtinai stebimas funkcinis pablogėjimas, todėl gaunama daugiau klaidingai teigiamų rezultatų (22).

7.5. Tyrėjų sutariamumas vertinant plaučių sarkoidozei būdingus pakitimus

Analizuojant MRT (ir kitų vaizdinių tyrimų) naudojimo galimybes svarbu atkreipti dėmesį ir į tyrėjų sutariamumą vertinant plaučių sarkoidozei būdingus pakitimus. Griffin ir kolegų tyrime jis nustatytas panašus, gana geras tiek MRT (0,65 (95 % patikimumo intervalas 0,49–0,73)), tiek KT (0,66 (95 % patikimumo intervalas 0,50–0,82)) (22). Tuo tarpu Chung ir kolegų tyrimas parodė, kad vertinant MRT rezultatus tyrėjų sutariamumas buvo šiek tiek geresnis nei KT (svertiniai Koheno kappa koeficientai 0,871 MRT ir 0,791 KT, Spearmano koreliacijos koeficientai 0,8819 MRT ir 0,8377 KT). Taip pat, pastebėti tyrėjų sutariamumo skirtumai vertinant skirtingus plaučių sarkoidozei būdingus radinius: plaučių parenchimos židiniams jis buvo panašus MRT ir KT (svertiniai Koheno kappa koeficientai 0,801 MRT ir 0,817 KT), parenchimos opacifikacijai didesnis MRT nei KT (svertiniai Koheno kappa koeficientai 0,868 MRT ir 0,703 KT), o retikuliniais pakitimams šiek tiek didesnis KT nei MRT (svertiniai Koheno kappa koeficientai 0,737 MRT ir 0,775 KT) (16).

8. APIBENDRINIMAS IR APTARIMAS

8.1. Įprastai plaučių sarkoidozės diagnostikai naudojami tyrimai, jų pagrindiniai privalumai ir trūkumai

Plaučių sarkoidozės diagnostikoje vaizdiniai tyrimai, tokie kaip krūtinės ląstos rentgenografija, KT ir PET/KT, yra labai svarbūs (11,28). Iš paminėtų techniškai paprasčiausia, mažiausia jonizuojančiosios spinduliuotės doze pasižyminti ir plačiausiai prieinama yra krūtinės ląstos rentgenografija, kurios vaizdų vertinimui plačiai naudojama Scadding skalė, plaučių sarkoidozę padedanti suskirstyti į „stadijas“ (11,27,30,41). Informatyvesnė už krūtinės ląstos rentgenografiją yra KT, kuri šios ligos atvejais tiksliau vizualizuoja plaučių parenchimos bei limfmazgių pakitimus (11,27,28,31). Radiniai taip pat gali būti skirstomi į aktyvius ir neaktyvius, kas yra reikšminga vertinant ligos prognozę ir sprendžiant dėl tolimesnio jos valdymo, tačiau krūtinės ląstos

rentgenografija ar KT nėra tam tinkamiausi tyrimai (28,30). Aktyvių (tokių, kuriuose vyksta aktyvus uždegimas) ir neaktyvių pakitimų diferenciacijai tiksliausias iš minėtų yra PET/KT tyrimas, leidžiantis patikimiau įvertinti ligos prognozę ir nepraleisti šanso taikyti gydymą (11,27,28,30).

Vis dėlto, visi šie vaizdiniai tyrimai turi trūkumų, iš kurių bene svarbiausias yra jonizuojančioji spinduliuotė, kurios dozė siekiant diagnostinio tikslo turėtų būti kiek įmanoma mažesnė, kadangi ji siejama su padidėjusia piktybinių ligų rizika (13,14,41). Nors krūtinės ląstos rentgenografijos jonizuojančiosios spinduliuotės dozė yra gana nedidelė (0,1 mSv), KT (~ 6,1 (2–20) mSv), o ypač PET/KT (16–26 mSv), gali kelti didesnę susirūpinimą (41). Kiti reikšmingi įprastai naudojamų vaizdinių tyrimų trūkumai yra palyginti nedidelė krūtinės ląstos rentgenografijos raiška, klaidingai teigiamų rezultatų galimybė PET/KT bei ypač ribotas šio tyrimo prieinamumas (30,41).

8.2. Magnetinio rezonanso tomografijos galimybės ir privalumai plaučių sarkoidozės diagnostikoje

Apžvelgtos studijos parodė, kad MRT gali vizualizuoti plaučių sarkoidozei būdingus pakitimus, tokius kaip plaučių parenchimos židinius, padidėjusio tankio sritis, plaučių šaknų ir tarpuplaučio limfmazgių pakitimus bei plaučių retikulinius pakitimus (16,22,29). Analizuotuose tyrimuose stebėta vidutiniškai stipri teigiama MRT ir krūtinės ląstos rentgenografijos ir stipri bei labai stipri teigiama MRT ir KT bendra koreliacija vaizdinant šią ligą, kas rodo, kad MRT pasižymi palyginamu diagnostiniu tikslumu su šiais įprastai naudojamais vaizdinimo metodais (15,16,22). Taip pat, stebėtas ir gana didelis bendras KT ir MRT sutarimas, didesnis vertinant pakitimus viršutinėse plaučių skiltyse, manoma, dėl judesio sukeltų artefaktų įtakos (16).

Vertinant MRT galimybes plaučių sarkoidozės diagnostikoje ypač svarbu yra tai, kad MRT potencialiai gali padėti diferencijuoti aktyvius uždegiminius (grįžtamus) pakitimus nuo neaktyvių fibrozinių (negrįžtamų). Tam gali būti naudingos MRT T1 sekos su gadolinio kontrastine medžiaga, kuriose stebimas LGE daugiau siejamas su fibroze (15). Papildomai, ypač vertinant tai, kad MRT LGE nebūtinai visais atvejais atspindi tik fibrozę, naudingos gali būti ir MRT T2 sekos, kuriose stebimas intensyvesnis signalas labiau siejamas su uždegiminiais pakitimais (17,21,32,44,54). Radinių aktyvumo nustatymas, kaip minėta, yra svarbus siekiant parinkti tinkamiausią gydymą bei numatyti prognozę, o tai, kad MRT tam nenaudoja jonizuojančiosios spinduliuotės, suteikia šiam vaizdinimo metodui pranašumą – jis gali būti plačiau taikomas ir saugiau kartojamas. (18,28). Atsižvelgiant į tai, MRT potencialiai gali būti alternatyvus pasirinkimas siekiant patikslinti pakitimų aktyvumą esant kontraindikacijų šiandien tam įprastai naudojamai PET/KT, tačiau verta paminėti tai, kad tyrimų, lyginančių MRT ir PET/KT būtent plaučių sarkoidozės pakitimų aktyvumo vertinime, rasti nepavyko.

Papildoma MRT nauda plaučių sarkoidozės diagnostikoje stebėta pakitusių limfmazgių vertinime. Kadangi šiai ligai būdingi radiniai įprastuose vaizdiniuose tyrimuose neretai persidengia su kitų ligų požymiais, „tamsių limfmazgių“ ženklas ir DWI kartu su ADC žemėlapiais potencialiai gali prisidėti prie tikslesnės diferencinės diagnostikos ir taip sumažinti biopsijų ir kitų papildomų tyrimų poreikį. (17,35,38,39,49).

8.3. Magnetinio rezonanso tomografijos trūkumai plaučių sarkoidozės diagnostikoje

Apžvelgtuose tyrimuose pastebėti ir MRT trūkumai plaučių sarkoidozės diagnostikoje. Pirma, šios ligos atvejais galimų radinių, ypač smulkių plaučių parenchimos židinių ar retikulinių pakitimų, aptikimui ir vertinimui MRT ir KT koreliavo ir sutarė mažiau, ko priežastis, tikėtina, yra mažas protonų tankis plaučiuose ir artefaktai, lemiantys mažesnę MRT erdvinę raišką. (15,16,22). Vis dėlto, mažesnė MRT raiška potencialiai gali būti privalumas ligos sekimui, kadangi gali specifiškiau nei KT atspindėti kliniškai reikšmingą ligos progresavimą, vizualizuodama mažiau smulkių, mažai įtakos plaučių funkcijai turinčių pakitimų, tuo pačiu išgaunant detalesnį vaizdą nei rentgenografija (22,41).

Antra, nors MRT vaizdų gavimui nenaudoja jonizuojančiosios spinduliuotės, ji nebūtinai visais atvejais yra nepavojinga ar tinkama. MRT turi kontraindikacijų, pavyzdžiui, kai kurių implantuojamų širdies elektroninių prietaisų, kochlearinių implantų ar kateterių su metaliniais elementais buvimas (35,55). Papildomai atliekant MRT su gadolinio kontrastine medžiaga svarbu įvertinti ir tai, kad galimi šalutiniai poveikiai, pavyzdžiui, alerginės reakcijos ar sunkus inkstų nepakankamumas (esant sutrikusiai inkstų funkcijai) (41,55). Taip pat, verta atkreipti dėmesį ir į tai, kad MRT prieinamumas įprastai yra mažesnis, o tyrimo trukmė ilgesnė, ypač lyginant su krūtinės ląstos rentgenografija ar KT (41).

8.4. Magnetinio rezonanso tomografijos taikymas plaučių sarkoidozės diagnostikoje šiandieninėje klinikinėje praktikoje ir ateities perspektyvos

Šiandieninėje klinikinėje praktikoje MRT plaučių sarkoidozės atvejais naudojama ribotai – kaip papildomas tyrimas arba kaip alternatyva esant kontraindikacijų įprastiems vaizdinimo metodams (17,19,22,33). Vis dėlto, nors vis dar reikia daugiau ir didesnių studijų, manoma, kad MRT, ypač atsižvelgiant į tai, jog šis tyrimas be jonizuojančiosios spinduliuotės gali padėti įvertinti ligos aktyvumą ir prisidėti prie diferencinės diagnostikos, ateityje turės aiškesnę vietą šios ligos nustatyme ir sekime bei bus taikoma plačiau (16,17,44).

9. IŠVADOS

1. Magnetinio rezonanso tomografija gali padėti aptikti plaučių sarkoidozei būdingus pakitimus, tačiau smulkius vizualizuoja prasčiau nei stambius.
2. Magnetinio rezonanso tomografija gali padėti įvertinti plaučių sarkoidozės aktyvumą naudojant kontrastines T1 sekas (vėlyvas gadolinio kontrastinės medžiagos kaupimas daugiau siejamas su fibroziniais (neaktyviais) pakitimais) ir T2 sekas (intensyvesnio signalo zonos daugiau siejamos su uždegiminiais (aktyviais) pakitimais), tad yra potenciali alternatyva pozitronų emisijos tomografijai su kompiuterine tomografija.
3. Tamsaus limfmazgio ženklas ir difuzijos svertinis vaizdinimas kartu su akivaizdaus difuzijos koeficiento žemėlapiais magnetinio rezonanso tomografijoje gali prisidėti prie didesnio plaučių sarkoidozės diferencinės diagnostikos tikslumo.
4. Magnetinio rezonanso tomografija gali būti taikoma plaučių sarkoidozės progresavimo sekimui, kadangi ji vizualizuoja mažiau smulkių ir plaučių funkcijai menkliau reikšmingų pakitimų lyginant su kompiuterine tomografija, tuo pačiu išgaunant detalesnį vaizdą nei rentgenografija bei kartu išvengiant jonizuojančiosios spinduliuotės, kas yra ypač svarbu atliekant kartotinius tyrimus.
5. Nors magnetinio rezonanso tomografija turi privalumų, studijų tiriančių šio vaizdinio tyrimo galimybes plaučių sarkoidozės diagnostikoje yra nedaug, todėl šiandien magnetinio rezonanso tomografija klinikoje nepakeičia įprastų šios ligos atvejais taikomų vaizdinimo metodų, tačiau gali būti naudojama kaip alternatyva esant kontraindikacijų jiems arba kaip papildomas tyrimas.

10. LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Belperio JA, Fishbein MC, Abtin F, Channick J, Balasubramanian SA, Lynch Iii JP. Pulmonary sarcoidosis: A comprehensive review: Past to present. *J Autoimmun.* 2024 Dec;149:103107. doi:10.1016/j.jaut.2023.103107
2. Rossi G, Cavazza A, Colby TV. Pathology of Sarcoidosis. *Clin Rev Allergy Immunol.* 2015 Aug;49(1):36–44. doi:10.1007/s12016-015-8479-6
3. Trivieri MG, Spagnolo P, Birnie D, Liu P, Drake W, Kovacic JC, et al. Challenges in Cardiac and Pulmonary Sarcoidosis. *J Am Coll Cardiol.* 2020 Oct;76(16):1878–901. doi:10.1016/j.jacc.2020.08.042

4. Jain R, Yadav D, Puranik N, Guleria R, Jin JO. Sarcoidosis: Causes, Diagnosis, Clinical Features, and Treatments. *J Clin Med*. 2020 Apr 10;9(4):1081. doi:10.3390/jcm9041081
5. Cao J, Li H, Yin X, Yang J, Pu L, Yang J. Global burden of pulmonary sarcoidosis from 1990 to 2021: a comprehensive analysis based on the GBD 2021 study. *Front Med*. 2025;12:1585005. doi:10.3389/fmed.2025.1585005
6. Sreeja C, Priyadarshini A, Premika, Nachiammai N. Sarcoidosis – A review article. *J Oral Maxillofac Pathol*. 2022 Apr;26(2):242–53. doi:10.4103/jomfp.jomfp_373_21
7. Spagnolo P, Rossi G, Trisolini R, Sverzellati N, Baughman RP, Wells AU. Pulmonary sarcoidosis. *Lancet Respir Med*. 2018 May;6(5):389–402. doi:10.1016/S2213-2600(18)30064-X
8. Bargagli E, Prasse A. Sarcoidosis: a review for the internist. *Intern Emerg Med*. 2018 Jan 3. doi:10.1007/s11739-017-1778-6
9. Jeny F, Valeyre D, Lower EE, Baughman RP. Advanced pulmonary sarcoidosis. *J Autoimmun*. 2025 Mar;152:103397. doi:10.1016/j.jaut.2025.103397
10. Nunes H, Brillet PY, Bernaudin JF, Gille T, Valeyre D, Jeny F. Fibrotic Pulmonary Sarcoidosis. *Clin Chest Med*. 2024 Mar;45(1):199–212. doi:10.1016/j.ccm.2023.08.011
11. Bailey GL, Wells AU, Desai SR. Imaging of Pulmonary Sarcoidosis—A Review. *J Clin Med*. 2024 Jan 31;13(3):822. doi:10.3390/jcm13030822
12. Ginat DT, Gupta R. Advances in Computed Tomography Imaging Technology. *Annu Rev Biomed Eng*. 2014 Jul 11;16(1):431–53. doi:10.1146/annurev-bioeng-121813-113601
13. Singh V, Sandean DP. CT Patient Safety And Care. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK567800/> PubMed PMID: 33620869.
14. Stiles BM, Mirza F, Towe CW, Ho VP, Port JL, Lee PC, et al. Cumulative Radiation Dose From Medical Imaging Procedures in Patients Undergoing Resection for Lung Cancer. *Ann Thorac Surg*. 2011 Oct;92(4):1170–9. doi:10.1016/j.athoracsur.2011.03.096
15. Brady D, Lavelle LP, McEvoy SH, Murphy DJ, Gallagher A, Gibney B, et al. Assessing fibrosis in pulmonary sarcoidosis: late-enhanced MRI compared to anatomic HRCT imaging. *QJM*. 2016 Apr;109(4):257–64. doi:10.1093/qjmed/hcv200

16. Chung JH, Little BP, Forssen AV, Yong J, Nambu A, Kazlouski D, et al. Proton MRI in the evaluation of pulmonary sarcoidosis: Comparison to chest CT. *Eur J Radiol.* 2013 Dec;82(12):2378–85. doi:10.1016/j.ejrad.2013.08.019
17. Calandriello L, D'Abronzio R, Pasciuto G, Cicchetti G, Del Ciello A, Farchione A, et al. Novelties in Imaging of Thoracic Sarcoidosis. *J Clin Med.* 2021 May 21;10(11):2222. doi:10.3390/jcm10112222
18. Biederer J, Hintze C, Fabel M, Jakob PM, Horger W, Graessner J, et al. MRI of the Lung – ready ... get set ... go! *Magnetom Flash*; 2011.
https://cdn0.scrvt.com/39b415fb07de4d9656c7b516d8e2d907/1800000001374423/c91259b73104/MRI_46_Biederer_1800000001374423.pdf
19. Wielputz M, Kauczor H ulrich. MRI of the lung – state of the art. *Diagn Interv Radiol.* 2011. doi:10.4261/1305-3825.DIR.5365-11.0
20. Biederer J, Beer M, Hirsch W, Wild J, Fabel M, Puderbach M, et al. MRI of the lung (2/3). Why ... when ... how? *Insights Imaging.* 2012 Feb 13;3(4):355–71. doi:10.1007/s13244-011-0146-8
21. Biederer J, Mirsadraee S, Beer M, Molinari F, Hintze C, Bauman G, et al. MRI of the lung (3/3)—current applications and future perspectives. *Insights Imaging.* 2012 Jan 15;3(4):373–86. doi:10.1007/s13244-011-0142-z
22. Griffin I, Pasini R, Mehrad B, Al-Ani M, Mohammed TL, Gomez Manjarres D, et al. The evolving role of MRI in pulmonary sarcoidosis: Comparative analysis with PFTs and progression markers. *Sarcoidosis Vasc Diffuse Lung Dis.* 2025 Mar 18;42(1):15304. doi:10.36141/svdlld.v42i1.15304
23. Rossides M, Darlington P, Kullberg S, Arkema EV. Sarcoidosis: Epidemiology and clinical insights. *J Intern Med.* 2023 Jun;293(6):668–80. doi:10.1111/joim.13629
24. Patterson KC, Chen ES. The Pathogenesis of Pulmonary Sarcoidosis and Implications for Treatment. *Chest.* 2018 Jun;153(6):1432–42. doi:10.1016/j.chest.2017.11.030
25. Waly YM, Sharafeldin ABK, Akhtar MU, Chilmeran Z, Fredericks S. A review of sarcoidosis etiology, diagnosis and treatment. *Front Med.* 2025 Feb 26;12:1558049. doi:10.3389/fmed.2025.1558049

26. Arkema EV, Cozier YC. Sarcoidosis epidemiology: recent estimates of incidence, prevalence and risk factors. *Curr Opin Pulm Med*. 2020 Sep;26(5):527–34. doi:10.1097/MCP.0000000000000715
27. Thillai M, Atkins CP, Crawshaw A, Hart SP, Ho LP, Kouranos V, et al. BTS Clinical Statement on pulmonary sarcoidosis. *Thorax*. 2021 Jan;76(1):4–20. doi:10.1136/thoraxjnl-2019-214348
28. Silva M, Nunes H, Valeyre D, Sverzellati N. Imaging of Sarcoidosis. *Clin Rev Allergy Immunol*. 2015 Aug;49(1):45–53. doi:10.1007/s12016-015-8478-7
29. Little BP. Sarcoidosis: Overview of Pulmonary Manifestations and Imaging. *Semin Roentgenol*. 2015 Jan;50(1):52–64. doi:10.1053/j.ro.2014.06.001
30. Węclawek M, Ziora D, Jastrzębski D. Imaging Methods for Pulmonary Sarcoidosis. *Adv Respir Med*. 2020 Feb 28;88(1):18–27. doi:10.5603/ARM.2020.0074
31. Grutters JC. Establishing a Diagnosis of Pulmonary Sarcoidosis. *J Clin Med*. 2023 Nov 2;12(21):6898. doi:10.3390/jcm12216898
32. Pasini RA, Al-Ani MAZ, Altmayer S, Dias Prodigios J, Mehrad B, Marchiori E, et al. Multimodality Imaging for the Diagnosis and Evaluation of Pulmonary Sarcoidosis. *Radiol Cardiothorac Imaging*. 2025 Apr 1;7(2):e240294. doi:10.1148/ryct.240294
33. Es-sabbahi B, Ezzine M, Aamara B, Alami B, Serraj M. Pseudotumor Sarcoidosis: The Contribution of Thoracic MRI to the Presumption of Benignity of a Pulmonary Lesion Process. *Cureus*. 2023 Apr 12;15(4):e37485. doi:10.7759/cureus.37485
34. Bernardinello N, Petrarulo S, Balestro E, Cocconcelli E, Veltkamp M, Spagnolo P. Pulmonary Sarcoidosis: Diagnosis and Differential Diagnosis. *Diagnostics*. 2021 Aug 28;11(9):1558. doi:10.3390/diagnostics11091558
35. Sabri YY, Mahmoud NMM, Abd El-Mageed MR, Onsy MMM, Mohamed SA, Onsy MMM, et al. Mediastinal lymphadenopathy in sarcoidosis: Can diffusion MRI play a role in its evaluation? *Egypt J Radiol Nucl Med*. 2023 Mar 28;54(1):60. doi:10.1186/s43055-023-01000-5
36. Yao Q, Ji Q, Zhou Y. Pulmonary Function in Pulmonary Sarcoidosis. *J Clin Med*. 2023 Oct 24;12(21):6701. doi:10.3390/jcm12216701

37. Brown F, Modi P, Tanner LS. Lofgren Syndrome. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482315/> PubMed PMID: 29493940.
38. Valeyre D, Brauner M, Bernaudin JF, Carbonnelle E, Duchemann B, Rotenberg C, et al. Differential diagnosis of pulmonary sarcoidosis: a review. *Front Med*. 2023 May 12;10:1150751. doi:10.3389/fmed.2023.1150751
39. De Souza Santos¹ F, Verma² N, Marchiori E, Wattle¹ G, M Medeiros T, H Mohammed² TL, et al. MRI-based differentiation between lymphoma and sarcoidosis in mediastinal lymph nodes. *J Bras Pneumol*. 2021 Apr 30;e20200055. doi:10.36416/1806-3756/e20200055
40. Crouser ED, Maier LA, Wilson KC, Bonham CA, Morgenthau AS, Patterson KC, et al. Diagnosis and Detection of Sarcoidosis. An Official American Thoracic Society Clinical Practice Guideline. *Am J Respir Crit Care Med*. 2020 Apr 15;201(8):e26–51. doi:10.1164/rccm.202002-0251ST
41. Tárnoki DL, Karlinger K, Ridge CA, Kiss FJ, Györke T, Grabczak EM, et al. Lung imaging methods: indications, strengths and limitations. *Breathe*. 2024 Oct;20(3):230127. doi:10.1183/20734735.0127-2023
42. Wild JM, Marshall H, Bock M, Schad LR, Jakob PM, Puderbach M, et al. MRI of the lung (1/3): methods. *Insights Imaging*. 2012 Jun 13;3(4):345–53. doi:10.1007/s13244-012-0176-x
43. Brady AP, Paulo G, Brkljacic B, Loewe C, Szucsich M, Hierath M, et al. Current status of radiologist staffing, education and training in the 27 EU Member States. *Insights Imaging*. 2025 Mar 15;16(1):59. doi:10.1186/s13244-025-01925-7
44. Lonzetti L, Zanon M, Pacini GS, Altmayer S, Martins De Oliveira D, Rubin AS, et al. Magnetic resonance imaging of interstitial lung diseases: A state-of-the-art review. *Respir Med*. 2019 Aug;155:79–85. doi:10.1016/j.rmed.2019.07.006
45. Ramamoorthy E, Garg M, Singh P, Aggarwal AN, Gupta N. Role of Diffusion-Weighted Magnetic Resonance Imaging for Characterization of Mediastinal Lymphadenopathy. *Diagnostics*. 2023 Feb 13;13(4):706. doi:10.3390/diagnostics13040706
46. Disertori M, Rigoni M, Pace N, Casolo G, Masè M, Gonzini L, et al. Myocardial Fibrosis Assessment by LGE Is a Powerful Predictor of Ventricular Tachyarrhythmias in Ischemic and

- Nonischemic LV Dysfunction. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2016 Sep;9(9):1046–55.
doi:10.1016/j.jcmg.2016.01.033
47. Greulich S, Kitterer D, Latus J, Aguor E, Steubing H, Kaesemann P, et al. Comprehensive Cardiovascular Magnetic Resonance Assessment in Patients With Sarcoidosis and Preserved Left Ventricular Ejection Fraction. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2016 Nov;9(11):e005022.
doi:10.1161/CIRCIMAGING.116.005022
 48. Goldin JG, Lynch DA, Stollo DC, Suh RD, Schraufnagel DE, Clements PJ, et al. High-Resolution CT Scan Findings in Patients With Symptomatic Scleroderma-Related Interstitial Lung Disease. *Chest*. 2008 Aug;134(2):358–67. doi:10.1378/chest.07-2444
 49. Chung JH, Cox CW, Forssen AV, Biederer J, Puderbach M, Lynch DA. The Dark Lymph Node Sign on Magnetic Resonance Imaging: A Novel Finding in Patients With Sarcoidosis. *J Thorac Imaging*. 2014 Mar;29(2):125–9. doi:10.1097/RTI.0b013e3182a4378b
 50. Coleman GC, Shaw PW, Balfour PC, Gonzalez JA, Kramer CM, Patel AR, et al. Prognostic Value of Myocardial Scarring on CMR in Patients With Cardiac Sarcoidosis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017 Apr;10(4):411–20. doi:10.1016/j.jcmg.2016.05.009
 51. Stevenson A, Bray JJH, Tregidgo L, Ahmad M, Sharma A, Ng A, et al. Prognostic Value of Late Gadolinium Enhancement Detected on Cardiac Magnetic Resonance in Cardiac Sarcoidosis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2023 Mar;16(3):345–57. doi:10.1016/j.jcmg.2022.10.018
 52. Ramirez R, Trivieri M, Fayad ZA, Ahmadi A, Narula J, Argulian E. Advanced Imaging in Cardiac Sarcoidosis. *J Nucl Med*. 2019 Jul;60(7):892–8. doi:10.2967/jnumed.119.228130
 53. Elwazir MY, Bois JP, Abou Ezzeddine OF, Chareonthaitawee P. Imaging and Quantification of Cardiac Sarcoidosis. *Semin Nucl Med*. 2020 Jul;50(4):283–94.
doi:10.1053/j.semnuclmed.2020.03.005
 54. Manabe O, Oyama-Manabe N, Aikawa T, Tsuneta S, Tamaki N. Advances in Diagnostic Imaging for Cardiac Sarcoidosis. *J Clin Med*. 2021 Dec 11;10(24):5808.
doi:10.3390/jcm10245808
 55. Ghadimi M, Thomas A. Magnetic Resonance Imaging Contraindications. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551669/>