

A szív mágneses rezonanciás vizsgálat szerepe az akut szívizomgyulladás, illetve szívizomsérülés diagnózisában

Doktori Tézisek

Dr. Szabó Liliána Erzsébet

Elméleti és Transzlációs Orvostudományok Doktori Iskola
Semmelweis Egyetem



Témavezető:

Dr. Vágó Hajnalka Ph.D., egyetemi docens

Hivatalos bírálók:

Dr. Ágoston Gergely Ph.D., egyetemi docens

Dr. Fenyves Bánk Ph.D., egyetemi tanársegéd

Komplex vizsga bizottság elnöke:

Dr. Karádi István D.Sc., egyetemi tanár

Komplex vizsga bizottság tagjai:

Dr. Andréka Péter D.Sc, egyetemi tanár

Dr. Farkas Henriette D.Sc., egyetemi tanár

Budapest

2022

BEVEZETÉS

A szív mágneses rezonanciás (MR) vizsgálatnak, mint a szív morfológiájának, funkcióinak és szöveti összetételének noninvazív megismerésére alkalmas referenciamódszernek, egyedülálló szerepe van a szívizomgyulladás és a szívizomsérülés diagnózisának felállításában illetve pontos megítélésében. Az elmúlt évek jelentős tudományos erőfeszítései ellenére a szívizomsérülés differenciáldiagnózisa továbbra is kihívást jelent a klinikai megjelenésének jelentős heterogenitása és a kiváltó okok sokfélesége miatt.

CÉLKITÚZÉSEK

1. A szív MR szerepe az obstruktív koszorúér-betegség nélkül kialakuló akut szívizominfarktus (MINOCA) differenciáldiagnosztikája során

Célunk volt a korai szakban (≤ 7 nap) elvégezett szív MR vizsgálat diagnosztikus és prognosztikus szerepének vizsgálata a MINOCA munkadiagnózissal vizsgált betegcsoport körében.

2. A SARS-CoV-2 fertőzés okozta szívérintettség sajátosságainak felmérése élsportolói csoportban

Célunk volt a SARS-CoV-2 fertőzést követően kialakult szívizom érintettség felmérése volt fiatal, élsportolói csoport körében szív MR vizsgálat alkalmazásával. Eredményeinket korban, nemben és sportaktivitásban illesztett élsportolói csoporttal illetve korban és nemben illesztett kevésbé aktív önkéntesek eredményeivel vetettük össze.

3. Az anti-SARS-CoV-2 immunizáció okozta szívizomgyulladás klinikai, szív MR és immunológiai jellegzetességei

Célunk volt az anti-SARS-CoV-2 oltást követően kialakult szívizomgyulladás klinikai, immunológiai és szív MR jellegzetességeinek vizsgálata a betegség akut fázisában illetve utánkövetés során. A vakcinációt követően kialakult szívizomgyulladást immunizációtól függetlenül kialakult szívizomgyulladás sajátosságaival vetettük össze. Az immunválaszt illesztett kontrollesoport eredményeivel hasonlítottuk össze.

MÓDSZEREK

I. Vizsgálati csoportok

1. MINOCA munkadiagnózisával vizsgált betegek

A Városmajori Szív- és Érgyógyászati Klinikán folytatott kutatásunk során 2009 és 2019 között konzekutív módon bevontunk minden MINOCA munkadiagnózzissal küldött beteg szív MR vizsgálatát végeztük el a tünetek fellépését követő egy héten belül. Bevonási kritériumok: 1) mellkasi fájdalom 2) troponin T szignifikáns emelkedése 3) ST-, T- eltérések a 12-elvezetéses EKG-n 4) normál koronáriák vagy $\leq 50\%$ szűkületet az invazív koronarográfián. Kizárási kritériumok: 1) szív MR >7 nappal a koronarográfiát követően 2) malignus kamrai arrhythmia vagy ismert dilatatív cardiomyopathia 3) akut vagy krónikus veseelégtelenség (GFR) <30 mL/min/1.73 m² 4) 18 év alatti életkor.

2. SARS-CoV-2 fertőzés okozta szívérintettség sportolóknál

Vizsgálatunkba 2020 június és 2021 február között konzekutív módon bevontunk minden PCR vizsgálattal igazoltan SARS-CoV-2 fertőzésen átesett sportolót, akiknél sportolói kivizsgálás keretein belül szív MR vizsgálat is történt. Kizárásra kerültek azok a sportolók akik 1) kor <16 év 2) edzés <6 óra/hét. Minden sportoló esetében kardiológiai kivizsgálás előzte meg a szív MR vizsgálatot. A

sportholókat a fertőzés során tapasztalt tüneteik alapján csoportosítottuk: tünetmentes, enyhe tünetekkel, mértékelt/közepes tünetekkel lezajlott illetve elhúzódóan tünetes SARS-CoV-2 fertőzés.

3. Anti-SARS-CoV-2 immunizációt követően kialakult szívizomgyulladás

Minden magyarországi szív MR centrum megkérdezésével egy regisztert hoztunk létre a 2020 decembere és 2021 szeptembere között SARS-CoV-2 oltás követően kialakult szívizomgyulladásokra vonatkozóan. Bevonási kritériumaink: 1) COVID-19 oltás kevesebb, mint 21 nappal a tünetek kialakulása előtt 2) mellkasi panaszok 3) troponin emelkedés 4) szív MR vizsgálattal megerősített diagnózis.

II. Vizsgálatok

1. Kardiológiai vizsgálat

Kutatásaink minden résztvevője esetén a szív MR vizsgálatot kardiológiai vizsgálat előzte meg, mely magába foglalja a részletes kérdőívet, 12-elvezetéses-EKG-t, laboratóriumi vizsgálatot valamint szívtultrahang vizsgálatot. A SARS-CoV-2 oltást követő szívizomgyulladás sajátosságaival foglalkozó vizsgáltunkban felmértük a betegek immunológiai válaszát it.

2. Szív MR vizsgálati protokoll

A szív MR vizsgálatokat 1.5 T térerősségű MR scannereken végeztük (Siemens Magnetom Aera, Siemens Magnetom Amira, GE SIGNA Voyager, Phillips Achieva, Phillips Ingenia). A szív MR vizsgálati protokoll minden esetben tartalmazta a következő szekvenciákat: az egész szívet lefedő mozgó cine felvételek, T2 súlyozott felvételek az ödéma kimutatására illetve késői kontraszthalmozásos (LGE) felvételek a nekrosis illetve fibrózis megítéléséhez.

A bal és jobb kamrai ejekciós frakciók és volumenek meghatározásához retrospektív kapuzott balanced steady-state free precession mozgóképeket készítettünk 2-, 4-üregű és bal és jobb kamrai kiáramlási traktus síkjában, valamint rövidtengelyi síkokban lefedve a teljes bal és jobb kamrát. Kontrasztanyag adását követően 10-20 perccel LGE felvételeket készítettünk a fent említett síkokban. A diffúz eltérések kimutatása céljából a SARS-CoV-2 fertőzés illetve az anti-SARS-CoV-2 oltás okozta szívizomgyulladás sajátosságait vizsgáló kutatásainkban T1 és T2 mapping felvételeket is készítettünk.

3. Szív MR felvételek kiértékelése és a diagnózisok felállítása

A vizsgálatok kiértékelése során a Medis Suite szoftvert (Medis Medical Imaging Software, The Netherlands) alkalmaztuk. Meghatároztuk a bal és jobb kamrai volumeneket, ejekciós frakciót illetve a bal kamrai izomtömeg. Strain elemzést végeztük, mely során meghatároztuk a globális longitudinális, circumferentialis illetve radiális strain értékeket, továbbá a bal kamrai disszinkronia mértékére vonatkozó értékeket is. A globális mapping értékeket a szeptalis szegmentumban mért region of interest (ROI) segítségével határoztuk meg, fokális érintettség gyanúja esetén ezen területek értékeit is meghatároztuk. Az LGE felvételek kiértékelése során meghatároztuk a kontraszthalmozást mutató terület mintázatát, elhelyezkedését és kiterjedtségét és a vonatkozó irányelvek alapján besoroltuk ezen eltéréseket (ischaemiás és non-ischaemiás kontraszthalmozás). SARS-CoV-2 oltás követően kialakult szívizomgyulladás miatt vizsgált betegek esetében hegkvantifikációt is végeztünk.

A betegeket a tüneteik, kardiológiai vizsgálati eredményeik és a szív MR kép együttes értelmezését követően a következő diagnosztikus csoportokba osztottuk: akut szívinfarktus, akut szívizomgyulladás, Takotsubo szindróma, lehetséges myo-pericardialis érintettség.

4. Kontroll csoportok:

A SARS-CoV-2 fertőzést követően vizsgált sportolók esetében az eredményeinket egészséges, korban és nemben illesztett élsportolói kontrollcsoporttal illetve egészséges, korban és nemben illesztett kevésbé aktív önkéntesek eredményeivel vetettük össze.

Az anti-SARS-CoV-2 oltás okozta szívizomgyulladás sajátosságait vizsgáló kutatásunkban a szív MR értékeket korban nemben illesztett, szívizomgyulladásban átesett betegek eredményeivel vetettük össze, akinél a SARS-CoV-2 oltás vagy fertőzés szerepe kizárható volt. A betegcsoport immunválaszát korban, nemben és oltottság tekintetében illesztett csoport eredményeivel hasonlítottuk össze.

III. Statisztikai analízis

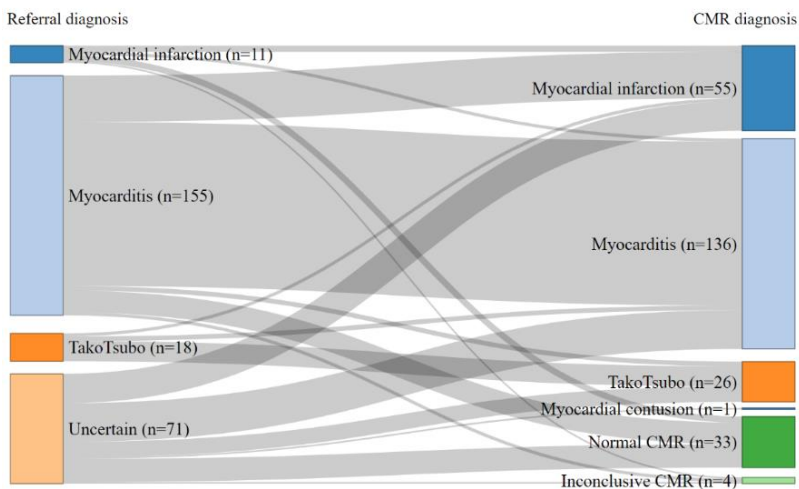
A statisztikai analízishez és az ábrák elkészítéséhez a MedCalc illetve az RStudio szoftvereket használtuk. A folytonos változók normalitását Shapiro-Wilk teszttel vizsgáltuk. Két csoport összehasonlításra t próbát, Mann-Whitney U vagy Wilcoxon próbát alkalmaztunk a változók eloszlása illetve a csoportok párosított vagy párosítástalan mivolta alapján. Három vagy több csoport összehasonlítása esetén egy utas ANOVA, illetve Kruskal-Wallis testet használtunk a megfelelő post-hoc próbák elvégzésével. A kovariancia elemzését ANCOVA teszttel végezzük el. Kategorikus változók összehasonlításához Khi négyzet próbát használtunk. A folytonos változók közötti összefüggéseket Spearman féle rang korrelációval vizsgáltuk. Túlélési analízist Kaplan-Meier görbe és logrank teszt segítségével végeztünk. Univariáns és multivariáns Cox regressziós modellek segítségével számítottuk ki a magyarázó változóink relatív kockázatát. Vizsgálataink során kétoldalú teszteket alkalmaztunk és $p < 0,05$ fogadtuk el szignifikáns különbségként.

EREDMÉNYEK

1. MINOCA munkadiagnózisával vizsgált betegek

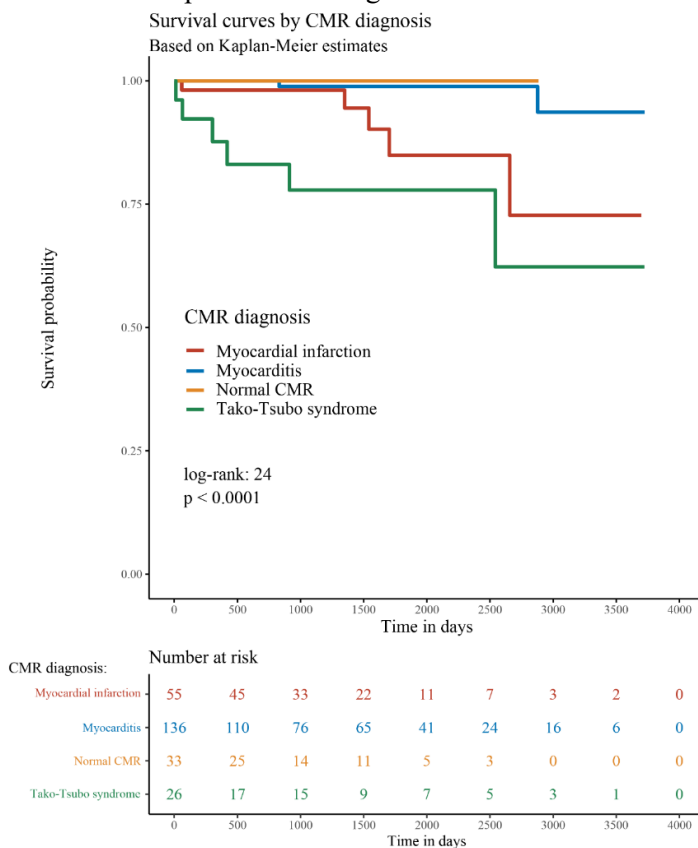
Kutatásunkba 255 beteg (42±16 év, 165 férfi) vontunk be, akiknél átlagosan 2,7 nappal az akut koronarográfiás vizsgálatot követően végeztünk szív MR vizsgálatot. A szív MR a betegek 86%-ánál adta meg a diagnózist, akut szívizomgyulladást (n=136), akut szívizominfarktust (n=55), Takotsubo szindrómát (n=26) és egy esetben szívizom kontúziót. A vizsgálat strukturális szempontból normál szívet mutatott 33 esetben és csupán 4 esetben maradt inkonklúzív (Ábra 1).

The diagnostic impact of CMR



1. ábra: A szív MR vizsgálat diagnosztikus hatása. A bal oldali oszlop a mutatja a beutaló diagnózisokat, míg a jobb oldali a szív MR diagnózist. A vizsgálat az esetek 48%-ában erősítette meg a beutaló diagnózist, 16%-ban módosította azt és 22%-ban azonosította a panaszok etiológiáját.

A bal kamrai ejekciós frakciós (LVEF) a betegek döntő többségében megtartott volt, kivéve a Takotsubo szindrómás betegeket, akinél csökkent értékeket mértünk ($43 \pm 9\%$). A bal kamrai strain paraméterek tekintetében azt találtuk, hogy a Takotsubosok szintén rosszabb értékeket mutattak a többi csoporthoz képest valamint, hogy a bal kamrai disszinkronia tekintetében mind a Takotsubos mind pedig az infarktust követően vizsgált betegek szignifikánsan rosszabb értékeket mutattak, mint a myocarditises betegek és a strukturális szempontból normál szív MR képet mutató betegek.



2. ábra: Az egyes diagnosztikus csoportokban tartozó betegek mortalitási rizikóját összehasonlító Kaplan-Meier görbe

A négy éves utánkövetés során 13 beteg halt meg, a négy éves mortalitási ráta szívinfarktus (10,2%) Takotsubo szindróma (27,3%) myocarditis (1,5%) és strukturális eltérést nem mutató szív MR vizsgálat (0%) esetében jelentősen különbözött. Ennek megfelelően erős összefüggést találtunk a szív MR diagnózis és a mortalitás között (log-rank teszt: 24, $p < 0,0001$) (**2. ábra**).

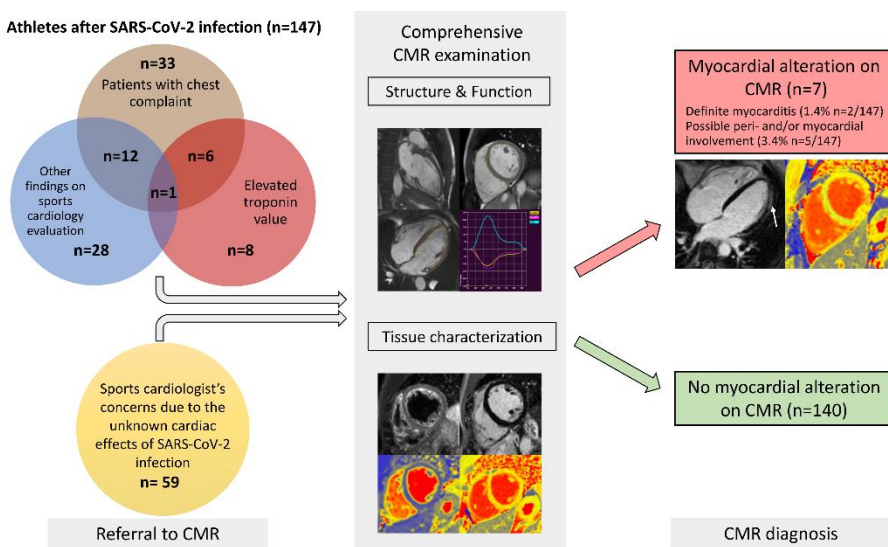
Univariáns modellben a mortalitás prediktorai voltak infarktus és a Takotsubo diagnózisa, kor, nem, hypertonia, diabetes, LVEF, LVSVI és a vizsgált strain paraméterek. Vizsgálatunkban a mortalitás független prediktorai a hipertónia és a kamrai disszinkinróniát jellemző mechanikus diszperzió voltak.

2. SARS-CoV-2 fertőzés okozta szívérintettség sportolóknál

Kutatásunkba összesen 147 (24 ± 6 év, 94 férfi) igazoltan SARS-CoV-2 infekción átesett élsportolót vontunk be, akiknél szív MR vizsgálatot is végeztünk (**3. ábra**). A SARS-CoV-2 fertőzés az esetek egy részében tünetmentesen ($n=19$), a betegek döntő többségében pedig enyhe vagy mérsékelt/közepes erősségű tünetekkel zajlott le ($n=123$). További öt beteg számolt be négy hetet meghaladóan fennálló tünetekről. A COVID-19 fertőzést követően átlagosan 32 nappal elvégzett szív MR vizsgálat, az csupán 1,4%-ban mutatott definitív szívizomgyulladás és további 3,4%-ban ($n=5$) mutatott lehetséges peri/myocardialis eltérést. Tünetmentesen lezajlott fertőzés esetén egyetlen sportolónál sem találtunk szívérintettséget. A szív MR eltérések a következők voltak: nonischaemiás mintázatot mutató késői kontraszthalmozás ödémára utaló eltéréssel vagy anélkül ($n=3$), kissé emelkedett T1 mapping érték emelkedett T2 mapping értékkel vagy anélkül ($n=3$) pericardialis eltérés ($n=1$).

A SARS-CoV-2 fertőzésen átesett és az egészséges sportolói csoportok körében markáns sportolói adaptációt találtunk a nem-

sportoló kontrollokhöz viszonyítottan mind a volumenek, izomtömeg, mind a T1 mapping értékek tekintetében. A fertőzösen átesett élsportolók és az egészséges élsportolók között nem találtunk szív MR eltérést, egyetlen paraméter tekintetében sem. Azon sportolói alcsoportban (n=14), akiknél a SARS-CoV-2 fertőzést megelőzően is készült szív MR vizsgálat (a két felvétel átlag 384 nappal különbséggel történt) nem találtunk az infekció előtti is utáni állapot között eltérést (**1. Táblázat**). Utánköveltünk 122 sportolót medián 232 nappal az infekció lezajlása után, két kivétellel minden sportoló vissza tudott térni (98%) a sporthoz biztonságosan.



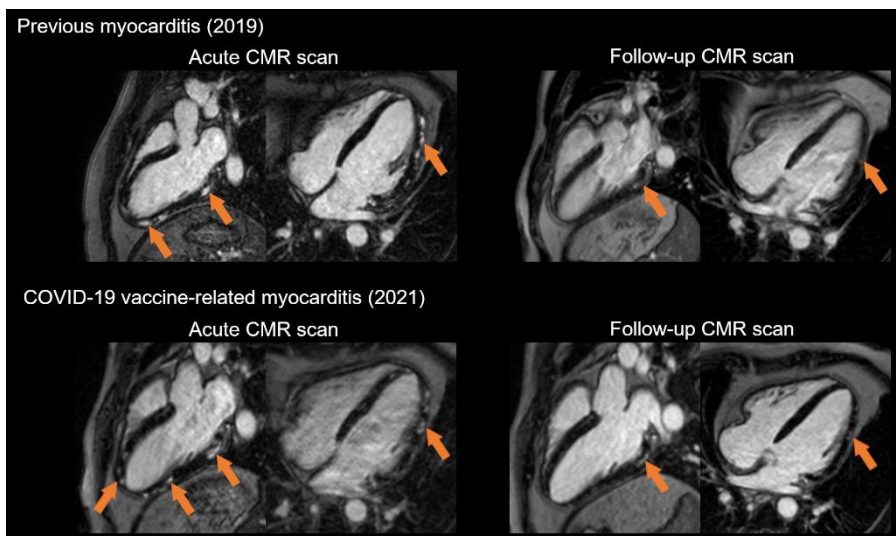
3 ábra: Kutatásunk összefoglaló ábrája. Az első oszlopnak megfelelően láthatóak a beküldő kardiológus által meghatározott eltérések melyek alapján a szív MR vizsgálatot indikálta. A középső oszlop mutatja az alkalmazott szív MR protokollt, míg a harmadik oszlopban a vizsgálat eredményei láthatóak.

1. Táblázat: Szív MR eredmények a SARS-CoV-2 fertőzés előtt és után egy sportolói alcsoportban.

	SARS-CoV-2 fertőzés előtt (n=14)	SARS-CoV-2 fertőzés után (n=14)	P érték
LVEF, %	55 (53 – 58)	57 (53 – 61)	NS
LVEDVi, ml/m²	111 (103 – 120)	117 (104 – 125)	NS
LVMi, g/m²	63 (59 – 77)	70 (62 – 82)	NS
T1 mapping, ms	947 (932 – 961)	937 (933 – 966)	NS

3. Anti-SARS-CoV-2 immunizációt követően kialakult szívizomgyulladás

Kutatásunkba összesen 16 beteget vontunk be megfelelően (férfiak, átlagéletkor: 22 ± 7 év). Anamnézisükben több esetben szerepelt korábban lezajlott szívizomgyulladás vagy immunológiai betegség (**4. ábra**). Az oltások 75%-a volt mRNS, 25% vektor vakcina. A betegek döntő többségében lokalizált gyulladás jeleit mutattuk ki, mely elsősorban a bal kamra laterális falát érintette, egy esetben diffúz szívizom érintettséget találtunk. Két beteg esetében enyhe fokban csökkent bal kamrai ejekciós frakciót találtunk, a további tizennégy esetben ez megtartottnak bizonyult. Az akut eseményt követően 3-6 hónappal szív MR segítségével követtük a betegeket. Az utánkövetés során a szívizmot érintő ödéma és nekrozis MR jelei csökkentek vagy eltűntek, bal kamrai ejekciós frakciójuk nőtt (**4. ábra**). Nem találtunk különbséget a szív MR paraméterekben a vakcinációt követően kialakult szívizomgyulladás és az oltással nem összefüggő myocarditiszes kontroll csoport között.



4. ábra: Esetbemutató. Korábban (2019) lezajlott szívizomgyulladás (akut és az utánkötés során készült felvételek), illetve a második vektor vakcinát követően kialakult szívizomgyulladás jeleit mutató késői kontraszthalmozásos felvételek. A narancssárga nyilak a kontraszthalmozó subepicardiálisan elhelyezkedő területeket mutatják. Az utánkötés során az szívizomsérülést jelző halmozás kiterjedtsége jelentős mértékben csökkent, bizonyos területeken teljesen eltűnt.

A humorális immunválasz tekintetében nem találtunk különbséget az oltást követően kialakult szívizomgyulladásos betegek és a korban, nemben és SARS-CoV-2 immunizáció tekintetében illesztett önkéntesek között. Ezzel ellentétben a T-sejtes immunválaszra vonatkozó paraméterek, markánsabb választ mutattak a szívizomgyulladásos betegek esetében (**2. táblázat**).

Az utánkötés során valamennyi oltáshoz köthető szívizomgyulladásos átesett beteg panaszmentes volt, egy, a későbbiekben infekcióhoz társuló recidív myocarditist leszámítva.

2. táblázat: A SARS-CoV-2 oltást követően kialakult szívizomgyulladásos betegek és illesztett kontrollok immunválaszának összehasonlítása.

	SARS-CoV-2 oltást követően szívizomgyulladás (n=12)	Kontroll (n=23)	P
Anti-SARS-CoV-2 NCP-IgG (Ratio)	0.24 [0.13, 0.49]	0.32 [0.21, 1.23]	NS
Anti-SARS-CoV-2 NCP-IgM (Ratio)	0.31 [0.24, 0.48]	0.33 [0.18, 0.66]	NS
S1 Ig (U/ml)	10265.5 [2232, 38327.5]	9167 [3948.5, 20050]	NS
SP1 IgG (RU/ml)	1155.5 [284, 1656]	627 [283, 1537.5]	NS
SP1 IgA (Ratio)	11 [7, 11]	7 [6.5, 10]	NS
Ag1 – S1 CD4+ (IU/ml)	1.3 [0.5, 4.5]	0.5 [0.2, 1.0]	0.002
Ag2 – S1 CD4+ CD8+ (IU/ml)	2.0 [1.0, 4.7]	0.6 [0.2, 1.2]	0.008
Ag3 – (IU/ml)	2.4 [1.0, 6.8]	0.8 [0.6, 1.5]	<0.001

KONKLÚZIÓ

Vizsgálataink során új bizonyítékokat szolgáltatunk a szív MR klinikai alkalmazásával kapcsolatban a feltételezett szívizomgyulladás és szívizomsérülés diagnosztikájában.

Kimutattuk, hogy a panaszok megjelenését követő hét napon belül elvégzett szív MR jelentős diagnosztikai előnnyel jár a MINOCA munkadiagnózisával vizsgált betegek esetén. A szív MR a betegek 86%-ánál adta meg a diagnózist: akut szívizomgyulladást, akut szívizominfarktust vagy Takotsubo szindrómát. Azt találtuk, hogy különböző diagnózis csoportok prognózisa jelentősen eltér egymástól.

A SARS-CoV-2 fertőzés után vizsgálat élsportolói csoport körében két vizsgálattal is igazoltuk, hogy a szívérintettség alacsony gyakoriságot mutat a fiatal sportolók körében, akik tünetmentesen vagy enyhén/közepesen tünetekkel estek át az infekción (definitív szívizomgyulladás 1,4%). Szív MR paraméterek tekintetében nem volt különbség a SARS-CoV-2 fertőzés utáni sportolók és az egészséges sportolók között. Eredményeink tehát nem támasztják alá a szív MR rutinszerű alkalmazását a troponin-negatív, tünetmentes vagy enyhén tünetmentes sportolóknál, mivel ez téves következtetésekhez vezethet.

Végül az anti-COVID-19 vakcina által kiváltott szívizomgyulladásos betegek körében azt találtuk, hogy az mRNS és a vektor vakcina is okozhat akut szívizomgyulladást hajlamosító tényezőkkel rendelkező egyéneknél. Bizonyítottuk, hogy az oltásmyocarditis idővel javulását mutat. Vizsgálatunkban kulcsfontosságú, hogy a T-sejtes válasz hangsúlyosabb volt az oltásmyocarditises betegek körében, mint illesztett kontrollokban; továbbá összefüggést találtunk a T-sejtes válasz intenzitása és a bal kamra szisztolés funkciója között.

PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

I. A disszertációhoz kapcsolódó közlemények (összesített impakt faktor: 46,364)

Szabó, Liliána; Juhász, Vencel; Dohy, Zsófia; Fogarasi, Csenge; Kovács, Attila; Lakatos, Bálint Károly ; Kiss, Orsolya; Sydó, Nóra; Csulak, Emese; Suhai, Ferenc Imre; Hirschberg, Kristóf; Becker, Dávid; Merkely, Béla; Vágó,Hajnalka: Is cardiac involvement prevalent in highly trained athletes after SARS-CoV-2 infection? A cardiac magnetic resonance study using sex-matched and age-matched controls **BRITISH JOURNAL OF SPORTS MEDICINE** (2022) **IF: 18,473**

Vago, Hajnalka; **Szabo, Liliana**; Dohy, Zsofia; Merkely, Bela: Cardiac Magnetic Resonance Findings in Patients Recovered From COVID-19 Initial Experiences in Elite Athletes **JACC-CARDIOVASCULAR IMAGING** (2021) **IF: 16,051**

Vágó, Hajnalka; **Szabó, Liliána***; Dohy, Zsófia; Czibalmos, Csilla; Tóth, Attila; Suhai, Ferenc Imre; Bárczi, György ; Gyarmathy, V. Anna; Becker, Dávid**; Merkely, Béla: Early cardiac magnetic resonance imaging in troponin-positive acute chest pain and non-obstructed coronary arteries **HEART** (2020) **IF: 5,994** *Osztott első szerző ** Osztott utolsó szerző

Vago, Hajnalka; **Szabo, Liliana***; Szabo, Zsofia; Ulakcsai, Zsuzsanna; Szogi, Emese; Budai, Gizella; Toth, Attila; Juhasz, Vencel; Dohy, Zsofia; Hoffer, Krisztina; Becker, David; Kiss, Robert Gabor; Nagy, Gyergely Gyorgy; Nagy, Gyorgy**; Merkely, Bela: Immunological response and temporal associations in myocarditis after COVID-19 vaccination using cardiac magnetic resonance imaging: an amplified T-cell response at the heart of it? **Accepted manuscript: FRONTIERS IN CARDIOVASCULAR MEDICINE** (2022) **IF: 5,846** *Osztott első szerző ** Osztott utolsó szerző

II. A disszertációtól független, nemzetközi folyóiratban megjelent közlemények (összesített impakt faktor: 95,957)

Budai, Adam; Suhai, Ferenc Imre; Csorba, Kristof; Dohy, Zsofia; **Szabo, Liliana**; Merkely, Bela; Vago, Hajnalka: Automated Classification of Left Ventricular Hypertrophy on Cardiac MRI **APPLIED SCIENCES-BASEL** (2022) **IF: 2,838**

Dohy, Zsofia; **Szabo, Liliana**; Pozsonyi, Zoltan; Csecs, Ibolya; Toth, Attila; Suhai, Ferenc Imre; Czimbalmos, Csilla; Szucs, Andrea; Kiss, Anna Reka; Becker, David Merkely, Bela; Vago, Hajnalka Potential clinical relevance of cardiac magnetic resonance to diagnose cardiac light chain amyloidosis **PLOS ONE** (2022) **IF: 3,752**

Fábián, Alexandra; Ujvári, Adrienn; Tokodi, Márton; Lakatos, Bálint Károly; Kiss, Orsolya; Babity, Máté; Zámódics, Márk; Sydó, Nóra; Csulak, Emese; Vágó, Hajnalka; **Szabó, Liliána**; Kiss, Anna Réka; Szűcs, Andrea; Merkely, Béla*; Kovács, Attila: Biventricular mechanical pattern of the athlete's heart: comprehensive characterization using three-dimensional echocardiography. **EUROPEAN JOURNAL OF PREVENTIVE CARDIOLOGY** (2022) **IF: 8,526**

Gregor, Zsófia; Kiss, Anna Réka; Grebur, Kinga; **Szabó, Liliána Erzsébet**; Merkely, Béla; Vágó, Hajnalka; Szűcs, Andrea: MR - specific characteristics of left ventricular noncompaction and dilated cardiomyopathy. **INTERNATIONAL JOURNAL OF CARDIOLOGY** (2022) **IF: 4,039**

Kiss, Anna Réka; Gregor, Zsófia; Popovics, Adrián; Grebur, Kinga; **Szabó, Liliána Erzsébet**; Dohy, Zsófia; Kovács, Attila; Lakatos, Bálint Károly; Merkely, Béla; Vágó, Hajnalka; Szűcs, Andrea: Impact of Right Ventricular Trabeculation on Right Ventricular Function in Patients With Left Ventricular Non-compaction Phenotype. **FRONTIERS IN CARDIOVASCULAR MEDICINE** (2022) **IF: 5,846**

Lakatos, Bálint Károly; Tokodi, Márton; Fábrián, Alexandra; Ladányi, Zsuzsanna; Vágó, Hajnalka; **Szabó, Liliána**; Sydó, Nóra; Csulak, Emese; Kiss, Orsolya; Babity, Máté; Kiss, Anna Réka; Gregor, Zsófia; Szűcs, Andrea; Merkely, Béla; Kovács Attila: Frequent Constriction-Like Echocardiographic Findings in Elite Athletes Following Mild COVID-19: A Propensity Score-Matched Analysis. **FRONTIERS IN CARDIOVASCULAR MEDICINE** (2022) **IF: 5,846**

Dohy, Zsofia; **Szabo, Liliana**; Toth, Attila; Czimbalmos, Csilla; Horvath, Rebeka; Horvath, Viktor; Suhai, Ferenc Imre; Geller, Laszlo; Merkely, Bela; Vago, Hajnalka: Prognostic significance of cardiac magnetic resonance-based markers in patients with hypertrophic cardiomyopathy. **INTERNATIONAL JOURNAL OF CARDIOVASCULAR IMAGING** (2021) **IF: 2,316**

Gregor, Zsófia; Kiss, Anna Réka; Szabó, **Liliána Erzsébet**; Tóth, Attila; Grebur, Kinga; Horváth, Márton; Dohy, Zsófia; Merkely, Béla; Vágó, Hajnalka; Szűcs, Andrea: Sex-and age-specific normal values of left ventricular functional and myocardial mass parameters using threshold-based trabeculae quantification **PLOS ONE** (2021) **IF: 3,752**

Csulak, Emese; Petrov, Árpád; Kovács, Tímea; Tokodi, Márton; Lakatos, Bálint; Kovács, Attila; Staub, Levente; Suhai, Ferenc Imre; **Szabó, Erzsébet Liliána**; Dohy, Zsófia; Vágó, Hajnalka; Becker, Dávid; Müller, Veronika; Sydó, Nóra ;Merkely, Béla

The Impact of COVID-19 on the Preparation for the Tokyo Olympics: A Comprehensive Performance Assessment of Top Swimmers. **INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH AND PUBLIC HEALTH** (2021) **IF: 4,614**

Kiss, Anna Reka; Gregor, Zsófia; Furak, Adam; Tóth, Attila; Horváth, Márton; **Szabo, Liliana**; Czimbalmos, Csilla; Dohy, Zsofia; Merkely, Bela; Vago, Hajnalka; Szucs, Andrea: Left ventricular characteristics of noncompaction phenotype patients with good ejection fraction measured with cardiac magnetic resonance. **ANATOLIAN**

JOURNAL OF CARDIOLOGY 25:8 pp. 565-571. , 7 p. (2021) **IF: 1,475**

Kiss, Anna Réka; Gregor, Zsófia; Furák, Ádám; **Szabó, Liliána Erzsébet**; Dohy, Zsófia; Merkely, Béla; Vágó, Hajnalka; Szűcs, Andrea: Age-and Sex-Specific Characteristics of Right Ventricular Compacted and Non-compacted Myocardium by Cardiac Magnetic Resonance. **FRONTIERS IN CARDIOVASCULAR MEDICINE** (2021) **IF: 5,846**

Kiss Orsolya, Babity Mate, Kovacs Attila, Skopal Judit, Vago Hajnalka, Lakatos Balint Karoly, Bogнар Csaba, Rakoczi Reka,Zamodics Mark, Frivaldszky Lorinc, Menyhart-Hetenyi Anna, Dohy Zsofia, Czimbalmos Csilla, **Szabo Liliana**, Merkely Bela: Significance of extended sports cardiology screening of elite handball referees. **PLOS ONE** (2021) **IF: 3,752**

Skoda, R; Nemes, A; Bárczi, G; Gajdácsi, J; Vágó, H; Ruzsa, Z; Édes, IF; **Szabó, L**; Czimbalmos, C; Sydó, N; Dinya, E; Merkely, B; Becker, D: Prognosis and clinical characteristics of patients with early ventricular fibrillation in the 6-week guideline-offered time period: is it safe to wait 6 weeks with the assessment? (results from the VMAJOR-MI Registry). **QUANTITATIVE IMAGING IN MEDICINE AND SURGERY** (2021) **IF: 4,630**

Skoda, Réka; Bárczi, György; Vágó, Hajnalka; Nemes, Attila; **Szabó, Liliána**; Fülöp, Gábor; Hizoh, István; Domokos, Dominika; Törő, Klára; Dinya, Elek; Merkely, Béla; Becker, Dávid: Prognosis of the non-ST elevation myocardial infarction complicated with early ventricular fibrillation at higher age. **GEROSCIENCE: OFFICIAL JOURNAL OF THE AMERICAN AGING ASSOCIATION (AGE)** (2021) **IF: 7,595**

Szűcs, Andrea; Kiss, Anna Réka;Gregor, Zsófia; Horváth, Márton; Tóth, Attila; Dohy, Zsófia; **Szabó, Liliána Erzsébet**; Suhai, Ferenc Imre; Merkely, Béla; Vágó, Hajnalka: Changes in strain parameters at different deterioration levels of left ventricular function: A cardiac

magnetic resonance feature-tracking study of patients with left ventricular noncompaction. **INTERNATIONAL JOURNAL OF CARDIOLOGY** (2021) **IF: 4,039**

Tokodi, Márton; Staub, Levente; Budai, Ádám; Lakatos, Bálint K; Csákvári, Máté; Suhai, Ferenc I; **Szabó, Liliána**; Fábrián, Alexandra; Vágó, Hajnalka; Tóser, Zoltán; Merkely, Béla; Kovács, Attila: Partitioning the Right Ventricle into 15 Segments and Decomposing its Motion using 3D Echocardiography-based Models: The Updated ReVISION Method. **FRONTIERS IN CARDIOVASCULAR MEDICINE** (2021) **IF: 5,846**

Budai, Adam; Suhai, Ferenc I; Csorba, Kristof; Toth, Attila; **Szabo, Liliana**; Vago, Hajnalka; Merkely, Bela: Fully automatic segmentation of right and left ventricle on short-axis cardiac MRI images. **COMPUTERIZED MEDICAL IMAGING AND GRAPHICS** (2020) **IF: 4,790**

Csecs, Ibolya; Czimbalmos, Csilla;Toth, Attila;Dohy, Zsofia;Suhai, Imre F. ; **Szabo, Liliana**; Kovacs, Attila; Lakatos, Balint; Sydo, Nora; Kheirkhahan, Mobin; Peritz, David; Kiss, Orsolya; Merkely, Bela; Vago, Hajnalka: The impact of sex, age and training on biventricular cardiac adaptation in healthy adult and adolescent athletes: Cardiac magnetic resonance imaging study. **EUROPEAN JOURNAL OF PREVENTIVE CARDIOLOGY** (2020) **IF: 7,804**

Dohy, Zsofia ; Vereckei, Andras; Horvath, Viktor; Czimbalmos, Csilla; **Szabo, Liliana**; Toth, Attila; Suhai, Ferenc I; Csecs, Ibolya; Becker, David; Merkely, Bela; Vago, Hajnalka: How are ECG parameters related to cardiac magnetic resonance images? Electrocardiographic predictors of left ventricular hypertrophy and myocardial fibrosis in hypertrophic cardiomyopathy. **ANNALS OF NONINVASIVE ELECTROCARDIOLOGY** (2020) **IF: 1,468**

Vago, Hajnalka; Czimbalmos, Csilla;Papp, Roland; **Szabo, Liliana**; Toth, Attila; Dohy, Zsofia; Csecs, Ibolya; Suhai, Ferenc; Kosztin, Annamaria; Molnar, Levente; Geller, Laszlo; Merkely, Bela:

Biventricular pacing during cardiac magnetic resonance imaging.

EUROPACE (2020) IF: 5,214

Szűcs, Andrea; Kiss, Anna Réka; Suhai, Ferenc Imre; Tóth, Attila; Gregor, Zsófia; Horváth, Márton ; Czibalmos, Csilla; Csécs, Ibolya; Dohy, Zsófia; **Szabó, Liliána Erzsébet**; Merkely, Béla; Vágó,Hajnalka: The effect of contrast agents on left ventricular parameters calculated by a threshold-based software module: does it truly matter? **INTERNATIONAL JOURNAL OF**

CARDIOVASCULAR IMAGING (2019) IF: 1,969

Czibalmos, Csilla; Csécs, Ibolya; Tóth, Attila; Suhai, Ferenc Imre; Dohy, Zsófia; Szabó, **Liliána Erzsébet**; Bárczi, György; Zima, Endre; Becker, Dávid; Merkely, Béla**;Vágó Hajnalka: ST-elevációs miokardiális infarktuszív mágneses rezonanciás jellegzetességei az akut szakban és utánkövetés során. A mikrovaszkuláris obstrukció prognosztikus szerepe **CARDIOLOGIA HUNGARICA (2018)**

Dohy, Zsófia;Csécs, Ibolya; Czibalmos, Csilla; Suhai, Ferenc Imre; Tóth, Attila; **Szabó, Liliána**; Pozsonyi, Zoltán; Simor, Tamás; Merkely, Béla;Vágó, Hajnalka: Balkamra-hipertrofiával, illetve megnövekedett falvastagsággal járó cardiomyopathiák szív mágneses rezonanciás jellegzetességei **CARDIOLOGIA HUNGARICA (2018)**

Szabó, Liliána; Pozsonyi, Zoltán; Peskó, Gergely; Dohy, Zsófia; Czibalmos, Csilla;Heltai, Krisztina; Becker, Dávid; Merkely, Béla; Vágó, Hajnalka Abortált hirtelen szívhalál egy 39 éves biztonsági őrnél **CARDIOLOGIA HUNGARICA (2018)**