



The influence of Earth's magnetic field on cardiovascular diseases

Jorūnė Jurjonaitė¹, Laurita Jasiūnaitė¹, Dorina Buliauskaitė¹

¹Lithuanian University of Health Sciences. Academy of Medicine. Faculty of Medicine

Abstract

There is a rising tendency of morbidity of cardiovascular diseases. These diseases are also associated with the highest risk of mortality in the world. On purpose of increasing the scope of prevention, people tend to pay more attention to physical surroundings' impact on cardiovascular diseases development. One of the main factors is the effect of changes of geomagnetic field. The scientists of various different countries are trying to find connections between Earth's magnetic field data and the most common cardiovascular diseases.

A few scientific experiments and researches have proven that magnetic field has an effect on the processes in cells and organ systems. It was found that metabolic activity, proliferation and differentiation of cell were increased, also the amount of intracellular calcium ions was elevated, and the oxidative stress processes were suppressed. There was observed the relation between the various blood parameters and geomagnetic field strength. Also the increased magnetic field intensity activates microcirculation, increases heart rate, blood pressure and autonomic nervous system.

During the active geomagnetic field periods there is an increased hospitalization of patients with acute myocardial infarction, as well as increased pre-hospitalization mortality because of this pathology. This effect is more susceptible among older patients and women. In addition, it was excluded that higher frequency geomagnetic field periods are linked to higher morbidity of acute coronary syndrome. Searching for reasons of high blood pressure, there was found a significant increase of arterial and diastolic blood pressure during the periods of high geomagnetic activity. Researchers also notice the bond between low frequency magnetic field of Earth activity and increased cases of acute atrial fibrillation. On the contrary magnetism of the Sun provokes supraventricular and ventricular arrhythmia. It was determined that low frequency geomagnetic field activity periods are connected with increased number of arrhythmia. On the other hand during the high frequency activity periods the cases of arrhythmia are rarer. Therefore the effect of geomagnetic field to myocardial infarction and atrial fibrillation is linked to different range of frequency.

Discussed studies show us the undoubted effect of magnetic field of Earth to the most common cardiovascular diseases. The geomagnetic storms are connected with higher risk of acute myocardial infarction, hypertension and acute atrial fibrillation. If we would be able to monitor the daily changes of geomagnetic parameters, we could predict outbreaks of the diseases and apply the prevention more efficiently.

Keywords: myocardial infarction, hypertension, arrhythmia, atrial fibrillation, geomagnetic field

Žemės magnetinio lauko įtaka širdies ir kraujagyslių ligų vystymuisi

Jorūnė Jurjonaitė¹, Laurita Jasiūnaitė¹, Dorina Buliauskaitė¹

¹Lietuvos sveikatos mokslų universitetas. Medicinos akademija. Medicinos fakultetas

Santrauka

Sergamumas širdies ir kraujagyslių sistemos ligomis turi tendenciją augti, taip pat šios ligos išlieka viena pagrindinių mirties priežasčių pasaulyje. Siekiant praplėsti prevencijos galimybes, vis dažniau atkreipiamas dėmesys į fizinių aplinkos veiksnių įtaką širdies-kraujagyslių ligų išsivystymui. Vienas svarbiausių veiksnių – geomagnetinio lauko svyravimų poveikis. Įvairių šalių mokslininkai ieško sąsajų tarp Žemės magnetinio lauko rodiklių ir dažniausių širdies-kraujagyslių ligų pasireiškimo.

Keletas mokslinių eksperimentų ir tyrimų įrodo magnetinio lauko sąveiką su ląstelėse ir organų sistemose vykstančiais procesais. Nustatyta, kad yra aktyvinamas ląstelių metabolizmas, proliferacija, greitėja diferenciacija, išauga intraląstelių kalcio jonų kiekis, slopinami oksidacinio streso procesai. Pastebėta priklausomybė tarp įvairių kraujo rodiklių kitimų ir geomagnetinio lauko stiprumo. Taip pat padidėjęs magnetinio lauko intensyvumas aktyvina mikrocirkuliaciją, didina širdies susitraukimų dažnį, kraujospūdį ir autonominę nervų sistemą.

Aktyvaus geomagnetinio lauko laikotarpiai yra susiję su išaugusiu hospitalizacijų dėl ūmaus miokardo infarkto skaičiumi, taip pat ir ikistacionariniu mirštamumu dėl šios patologijos. Šiam poveikiui jautresni yra vyresni pacientai ir moterys. Be to išskirta, kad būtent aukšto dažnio geomagnetinio aktyvumo laikotarpiais padidėja sergamumas ūminiu koronariniu sindromu. Ieškant padidėjusio kraujo spaudimo priežasčių, nustatytas reikšmingas arterinio ir diastolinio kraujospūdžio padidėjimas suaktyvėjus geomagnetiniam laukui. Tyrėjai taip pat pastebi ryšį tarp žemo dažnio Žemės magnetinio lauko aktyvumo ir išaugusio ūminio prieširdžių virpėjimo atvejų skaičiaus. Kita vertus Saulės magnetizmas provokuoja supraventrikulių bei skilvelinių aritmijų padažnėjimą. Išskiriama, kad žemo dažnio geomagnetinio lauko aktyvumo laikotarpiai siejami su padidėjusiu aritmijų skaičiumi, kai tuo tarpu aukšto dažnio aktyvumo laikotarpiu aritmijos retesnės. Taigi geomagnetinio lauko poveikis miokardo infarkto ir prieširdžių virpėjimo išsivystymui priklauso nuo dominuojančių bangų dažnio.

Aptartos studijos įrodo neabejotiną Žemės magnetinio lauko poveikį dažniausių kardiovaskulinių ligų išsivystymui. Geomagnetinės audros yra susijusios su didesne rizika sirgti ūminiu miokardo infarktu, hipertenzija ar ūminiu prieširdžių virpėjimu. Jeigu galėtume stebėti geomagnetinio lauko intensyvumo pokyčius esamu laiku, turėtume galimybę prognozuoti susirgimų protrūkius ir efektyviau taikyti širdies-kraujagyslių ligų prevenciją.

Raktiniai žodžiai: miokardo infarktas, hipertenzija, aritmija, prieširdžių virpėjimas, geomagnetinis laukas

Įvadas

Širdies ir kraujagyslių sistemos ligos Lietuvoje, kaip ir visame pasaulyje, išlieka pagrindine mirties priežastimi [1]. Ši problema, susijusi ne vien su mirtingumu, bet ir su padidėjusiomis sveikatos sistemos išlaidomis. Ekonomistai prognozuoja didžiulius finansinius nuostolius, jei nebus išplėtos prevencinės programos ir efektyvus gydymas [2]. Pastebima, kad sergamumas šiomis ligomis turi tendenciją augti: Lietuvoje 2001 metais – 168,1 atv./1000 gyv., o 2017 metais – 294,7 atv./1000 gyv. [3]. Siekiant sumažinti susirgimo ir mirties riziką, vis dažniau atkreipiamas dėmesys į fizinių aplinkos veiksnių įtaką širdies-kraujagyslių ligų išsivystymui.

Mokslininkai pastebi, kad geomagnetinio lauko svyravimai daro didelę įtaką žmogaus sveikatai. Pagrindinis mus veikiantis vidinis magnetinio lauko šaltinis – Žemės branduolio mantija. Nemažiau svarbios išorinės jėgos – Saulės generuojamos magnetinės bangos [4]. Šių abiejų veiksnių globalus poveikis matuojamas palydovais kosmose, o lokalus poveikis Žemės paviršiuje – magnetometrais. Įvairių šalių tyrėjai vis dažniau tiria skirtingo dažnio ir intensyvumo geomagnetinio lauko virpesių poveikį širdies-kraujagyslių sistemai. Ieškoma sąsajų tarp ligų dažnio ir magnetinio lauko rodiklių. Šioje literatūros apžvalgoje siekiame apibendrinti svarbiausius paskutinio dešimtmečio atradimus, susijusius su geomagnetinio lauko poveikiu kardiovaskuline sistemai.

Magnetinio lauko poveikis organizmui

Keletas mokslinių eksperimentų ir tyrimų įrodo magnetinio lauko sąveiką su ląstelėse vykstančiais procesais. 2009 metais Italijoje atliktame tyrime su kamieninėmis širdies ląstelėmis, jas veikiant labai žemo dažnio elektromagnetiniam laukui, pastebėta, kad aktyvėja šių ląstelių metabolizmas, proliferacija, greitėja diferenciacija, padidėja intraląstelių kalcio jonų kiekis [5]. Ghodbane su kolegomis apžvalgoje aptarė teigiamą magnetinio lauko poveikį oksidacinio streso procesų mažinimui ląstelėse [6]. Siekiant ištirti kraujo biocheminių rodiklių kiekio kitimus geomagnetinio lauko poveikyje, 2015 m. Zenchenko su kitais tyrėjais atliko bandymą, kurio metu 4 sveikiems savanoriams kas 2 minutes ėmė kraujo tyrimus ir rašė elektrokardiogramas [7]. Ištirtos

trijodtironino, gliukozės, kortizolio, azoto oksido metabolitų koncentracijos kraujyje. Gauti rezultatai parodė, kad kortizolio, trijodtironino ir azoto oksido metabolitų koncentracijos tiriamųjų kraujyje kito sinchroniškai. Koreliuojant nustatytus rodiklius svyravimus su geomagnetinio lauko stiprumu, pastebėta, kad kraujo rodiklių (ypač azoto oksido ir jo metabolitų) kitimų variacijos sutampa su geomagnetiniu lauku 0,5 – 3 mHz dažnių intervale. Taigi galbūt tam tikri kraujyje esantys komponentai dalyvauja geomagnetinio lauko kitimų sinchronizacijoje su žmogaus organizmo sistemų veikla. Šiai hipotezei patvirtinti reikalingi nuodugnesni tyrinėjimai.

Mokslininkai vis dažniau pastebi magnetinio lauko svyravimų reikšmę skirtingoms širdies ir kraujagyslių sistemos dalims. 2012 metais su sveikais savanoriais atliktame tyrime pastebėtas skirtingas mikrocirkuliacijos aktyvumas, atsižvelgiant į geomagnetinio lauko rodiklių svyravimus [8]. Manoma, kad didelio intensyvumo magnetizmo laikotarpiais mikrocirkuliacija greitėja dėl kapiliarų tonuso padidėjimo. Kitame eksperimente tirti žmogaus organizmo fiziologiniai pokyčiai, esant patalpoje, izoliuotoje nuo bet kokio magnetinių bangų poveikio. Sveikų savanorių, praleidusių 90 min. šioje patalpoje, širdies susitraukimų dažnis ir diastolinis kraujo spaudimas sumažėjo, o kapiliarų prisipildymas padidėjo [9]. Taigi galime kelti hipotezę, kad magnetinio lauko poveikis turėtų būti priešingas – didinti širdies susitraukimų dažnį ir kraujospūdį. 2011 m. Papailiou su bendraautorais tyrė fiziologinę aviatorių būklę geomagnetizmo suintensyvėjimo laikotarpiais. Pastebėta reikšminga sąsaja tarp aukšto dažnio geomagnetinio lauko aktyvumo ir padidėjusio širdies susitraukimų dažnio [10]. Tyrėjai atkreipia dėmesį į autonominės nervų sistemos reakciją į magnetinio lauko svyravimus. Tiriant širdies ritmo variabiliškumą (laiko intervalų pokytis tarp skirtingų širdies susitraukimų), kuris puikiai atspindi autonominės nervų sistemos funkciją [11], nustatyta, kad šis rodiklis sinchronizuojasi su laike kintančiu geomagnetiniu lauku [12]. Kitame 2018 m. publikuotame straipsnyje nustatyta, kad širdies ritmo variabiliškumas ir parasimpatinės nervų sistemos aktyvumas padidėja intensyvėjant kosminių spindulių ir Žemės magnetinio lauko aktyvumui [13]. Tai ypač svarbu širdies ritmo reguliacijoje, nes autonominės nervų sistemos skaidulos yra išsidėsčiusios žmogaus

širdies plautinių venų srityje ir jų aktyvumo pokyčiai yra susiję su aritmijų iniciacija [14]. Amerikoje atliktame bandyme su šunimis neinvaziniu būdu per elektrodus ant krūtinės bei invazyviai dirginant klajoklio nervo skaidulas labai žemo dažnio magnetinio lauko bangomis, nustatyta, kad dirbtinai sukeltas prieširdžių virpėjimas buvo reikšmingai nuslopintas [15]. Tad matome, kad skirtingo dažnio magnetinis laukas atskiras širdies-kraujagyslių sistemos dalis gali aktyvinti, arba slopinti.

Žmogaus organizmą sudaro visuma skirtingų reguliacinių sistemų, tad pastebėti geomagnetinio lauko poveikį yra sunku. Jis dažniausiai išryškėja tik vystantis ūminėms kardiovaskulinėms ligoms, tokioms kaip miokardo infarktas, ūminis širdies ritmo sutrikimas ar hipertenzinė krizė. Svarbu atkreipti dėmesį į tai, kad žmogaus organizmo jautrumas magnetiniam laukui varijuoja tarp skirtingų populiacijų, lyčių, amžiaus grupių. Taip pat tai labai susiję su sveikatos būkle bei fiziniu pajėgumu. Įvairios ligos, ypač širdies, galimai silpnina organizmo gebėjimą adaptuotis prie besikeičiančių aplinkos sąlygų, taip pat ir prie geomagnetinio lauko pokyčių [16].

Ūminis išeminis sindromas ir geomagnetinio lauko svyravimai

Rusijoje 2014 m. mokslininkai iš dviejų Maskvos ligoninių per 8 metus surinko 2833 pacientus, sirgusius ūminiu miokardo infarktu. Buvo ieškota sąsajų tarp atvejų skaičiaus ir geomagnetinio lauko aktyvumo. Nustatyta, kad hospitalizacijų dėl ūminio miokardo infarkto skaičius geomagnetinių audrų metu padidėjo 1,29 karto [17]. Kitame didesnės apimties tyrime Azerbaidžane buvo ištirti 4919 pacientų su ūminiu miokardo infarktu. Statistinė analizė parodė, kad žemo geomagnetinio aktyvumo dienomis buvo nustatyta daugiau ikistacionarinio mirštamumo nuo miokardo infarkto atvejų [18].

Atliekant duomenų analizę pastebėta, kad ir Lietuvoje atlikta nemažai panašių tyrimų. Lietuvos sveikatos mokslų universiteto ligoninėje Kauno klinikose 2000–2009 metais surinkti pacientai, sirgę ūminiu miokardo infarktu. Įvertinus miokardo infarkto atvejų skaičių skirtingo Saulės aktyvumo dienomis, kai Žemės magnetinio lauko intensyvumas buvo labai mažas. Pastebėtas laipsniškas sergančių pacientų gausėjimas po labai mažo Žemės magnetinio lauko aktyvumo dienų, o po 6 dienų – reikšmingas miokardo infarkto atvejų skaičiaus padidėjimas [19]. Mokslininkas Stoupel 2006 m. publikuotoje

apžvalgoje kalbėjo apie geomagnetinį lauką kaip apie Žemę nuo kosminių veiksnių (pavyzdžiui Saulės energijos pliūpsnių) apsaugantį skydą [20]. Kai geomagnetinis laukas ypač mažo intensyvumo, įvairių kosminių magnetinių reiškinių poveikis žmogaus sveikatai stipresnis.

2018 m. Jaruševičius su bendraautoriais publikuotame tyrime patvirtino hipotezę, kad lokalaus Žemės magnetinio lauko rodiklių vidurkis per savaitę įvairių dažnių intervaluose koreliuoja su ūmaus miokardo infarkto su ST pakilimu atvejų skaičiumi per savaitę [21]. Nustatyta, kad aukšto dažnio geomagnetinio lauko periodais susirgimų miokardo infarktu skaičius išauga, ypač vyresnių nei 63 metai moterų grupėje. Tais pačiais metais kitame Lietuvoje atliktame tyrime buvo ieškota sąsajų tarp nestabilios krūtinės anginos hospitalizacijų skaičiaus ir skirtingų dažnių lokalaus geomagnetinio lauko kitimų [22]. Išvadose pateikiami rezultatai panašūs į anksčiau aptarto tyrimo – rastos didesnės koreliacijos moterų grupėje. Išskyrus miokardo infarktus, sukeltus kairės vainikinės arterijos pažeidimo, rezultatai tarp lyčių išsiskyrė – aukšto dažnio geomagnetinio intensyvo metu moterų grupėje pastebėta daugiau atvejų, nei vyrų grupėje. Šių tyrimų rezultatai patvirtina hipotezę, kad magnetinio lauko poveikis varijuoja tarp skirtingų lyčių ir amžiaus grupių.

Kaip žinome miokardo infarkto diagnostikoje labai svarbų vaidmenį atlieka troponino I ir/ar troponino T koncentracija kraujyje. Viename publikuotame tyrime buvo atkreiptas dėmesys į šių rodiklių koncentracijų ryšį su geomagnetinio lauko aktyvumo rodikliais [23]. Nors tyrėjai neatrado ryšio su troponinu I, tačiau su troponinu T Žemės magnetinio lauko rodikliai koreliavo reikšmingai. Klinikinėje praktikoje ūminis miokardo infarktas yra susijęs su dideliu mirtingumu. Tad 2014 m. Vencloviene su kolegomis tyrė pacientų išgyvenamumą po ūminių išeminių sindromų [24]. Tyrimo rezultatuose pastebėta, kad geomagnetinės audros turėjo neigiamą įtaką pacientų išgyvenamumui ir šis efektas buvo stipresnis vyresniems, nei 70 metų pacientams. Nustatytas skirtumas tarp lyčių – ypač didelis jautrumas geomagnetinėms audroms 1-3 paromis po stacionarizavimo pastebėtas moterų grupėje.

Geomagnetinio lauko vaidmuo kraujospūdžio padidėjime

Mokslininkai taip pat ieško padidėjusio kraujo spaudimo ir magnetinio poveikio sąsajų. Dimitrova su kolegomis didelio Saulės ir Žemės magnetinio lauko

aktyvumo laikotarpiais matavo sveikų savanorių kraujo spaudimą [25]. Statistinė analizė atskleidė, kad vidutinė arterinio ir diastolinio spaudimo reikšmės kyla priklausomai nuo geomagnetinio lauko stiprumo. Be to, arterinis kraujospūdis turėjo tendenciją kilti jau dvi dienas iki geomagnetinės audros, o išliko pakilęs dvi paras po jos. Lietuvoje 2015 m. atliktame tyrime mokslininkai rado sąsają tarp stipraus geomagnetinio lauko intensyvumo ir išaugusio greitosios pagalbos iškvietimų kiekio dėl padidėjusio arterinio kraujo spaudimo [26]. Ištyrus įvairius heliofizikinius parametrus, nustatyta, kad praėjus dviems paroms po geomagnetinių audrų, net 12 proc. išaugo iškvietimų dėl padidėjusio kraujospūdžio skaičius. Pastebėta, kad magnetizmui jautresnės moterys, vyresni pacientai ir sergantys III^o arterine hipertenzija. 2016 m. Kanadoje mokslininkai ištyrė 1979 – 2009 metų geomagnetinio bei saulės aktyvumo duomenis ir juos palygino su mirtingumo nuo arterinės hipertenzijos sąlygotų ligų statistika [27]. Rezultatai išryškino uždelstus reikšmingus ryšius tarp padidėjusio mirštamumo nuo su hipertenzija susijusių ligų ir geomagnetinio aktyvumo ciklo. Remiantis šių tyrimų rezultatais galime iškelti hipotezę, kad Žemės magnetinis laukas neabejotinai veikia kraujospūdį. Padidėjęs magnetinių bangų intensyvumas galimai aktyvina arterinį kraujo spaudimą keliančias sistemas. Išsivysčiusi hipertenzija ilgainiui sukelia miokardo hipertrofiją, tarp ląstelių plėtėja plyšinės jungtys ir susidaro palankios sąlygos formuoti ritmo sutrikimams.

Aritmijų išsivystymas skirtingo intensyvumo geomagnetinio lauko laikotarpiais

Jau keletą dešimtmečių mokslininkai pastebi, kad tam tikrais laikotarpiais padidėja sergamumas ritmo sutrikimais. Jau 1994 metais Stoupel su kolegomis nustatė ryšį tarp žemo dažnio geomagnetinio lauko aktyvumo periodų ir padidėjusio sergamumo ūminiu prieširdžių virpėjimu [28]. Tyrime nustatyta, kad sąsajos stipresnės vyrų ir vyresnių, nei 65 metai pacientų grupėse. Mavromichalaki ir bendraautorai 2016 m. Graikijoje atliko tyrimą, kurio metu ieškojo ryšių tarp geomagnetinių rodiklių ir prieširdžių virpėjimo pasireiškimo dažnio [29]. Rastos patikimos koreliacijos, susijusios su magnetinių rodiklių intensyvumo pasikeitimo (sumažėjimo ar padidėjimo) fazėmis. Kitame panašiam tyrime nustatytos sąsajos tarp Saulės magnetinio lauko pokyčių ir supraventrikulių bei skilvelinių aritmijų padažnėjimo tiriamųjų grupėje [30]. Taigi pastebime, kad Saulės magnetinis laukas susijęs su aritmogeniniu poveikiu

širdžiai, kai tuo tarpu Stoupel ir kitų mokslininkų atlikto tyrimo išvadose aptartas antiaritmintis aukštesnio intensyvumo geomagnetinio lauko poveikis [31].

2015 m. Mayo klinikoje tirtas implantuojamų kardioverterių defibriliacijų skaičiaus ryšys su geomagnetinio lauko rodikliais (jie buvo suskirstyti į 4 intensyvumo lygius, nuo žemo iki aukšto). Nuotoliniu būdu suskaičiavus defibriliacijas keturių metų laikotarpyje, duomenys buvo palyginti su anksčiau minėtais rodikliais. Rezultatai parodo, kad daugiau defibriliacijų (arba ūmių ritmo sutrikimų, kuriems indikuotina resinchronizuojanti terapija – dažniausiai skilvelių tachikardija ir virpėjimas) įvyksta žemo geomagnetinio intensyvumo laikotarpiais [32]. Lietuvoje 2018 m. ištyrus lokalaus geomagnetinio lauko poveikį ūmaus prieširdžių virpėjimo hospitalizacijų skaičiui Lietuvos sveikatos mokslų universiteto ligoninėje Kauno klinikose, nustatyti pasaulio tendencijas atitinkantys rezultatai: žemo dažnio geomagnetinio lauko aktyvumo laikotarpiai siejami su padidėjusiu aritmijų skaičiumi, kai tuo tarpu aukšto dažnio aktyvumo – su mažesniu pacientų skaičiumi [33].

Remiantis aptartų tyrimų išvadomis, galime kelti hipotezę, kad nedidelio intensyvumo laikotarpiais širdis gauna per mažai energijos iš aplinkos, todėl ima trikti elektrinė širdies veikla. Tačiau tikslus aritmijas sukiantis mechanizmas, susijęs su geomagnetinio lauko pokyčiais, nėra aiškus, ir neabejotinai išlieka aktualiu ateities tyrimų objektu.

Diskusija

Aptartos studijos įrodo neabejotiną Žemės magnetinio lauko poveikį dažniausių kardiovaskulinių ligų išsivystymui. Įdomu tai, kad geomagnetinio lauko ypatybės skirtingai veikia ligų pasireiškimą – ūminio koronarinio sindromo padažnėjimą lemia aukšto dažnio didelio intensyvumo laukas, o aritmijas dažniau inicijuoja žemo dažnio didelio intensyvumo laukas. Geomagnetinės audros (kai lauko intensyvumas reikšmingai padidėja) yra susijusios su didesne rizika sirgti ūminiu miokardo infarktu, hipertenzija ar ūminiu prieširdžių virpėjimu. Jeigu galėtume stebėti geomagnetinio lauko intensyvumo pokyčius esamu laiku, turėtume galimybę prognozuoti susirgimų protrūkius ir efektyviau taikyti širdies-kraujagyslių ligų prevenciją.

Širdies ir kraujagyslių ligų paūmėjimai taip pat gali būti susiję su psichine žmogaus būkle. Mokslinėje literatūroje pastebimas neigiamas

magnetinio lauko poveikis psichikai [34]. Galbūt tai dar vienas galimas veiksnys, dalyvaujantis širdies-kraujagyslių ligų patogenezėje.

Literatūros sąrašas

- Rinkūnienė E, Petrulionienė Ž, Zdanevičiūtė I, Dženkevičiūtė V. Mirtingumo nuo širdies ir kraujagyslių ligų tendencijos Lietuvoje ir Europos sąjungos šalyse. *Medicinos teorija ir praktika*. 2013;19(2):130–136.
- Laslett L, Alagona P, Clark B, Drozda J, Saldivar F, Wilson S et al. The Worldwide Environment of Cardiovascular Disease: Prevalence, Diagnosis, Therapy, and Policy Issues. *Journal of the American College of Cardiology*. 2012;60(25):S1-S49.
- Lietuvos statistikos departamento duomenų bazė: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize/> Prisijungta: 2019-05-11.
- Olsen N, Hulot G, Sabaka TJ. Handbook of Geomathematics. *Handb Geomathematics*. 2014;1–20.
- Gaetani R, Ledda M, Barile L, Chimenti I, De Carlo F, Forte E, et al. Differentiation of human adult cardiac stem cells exposed to extremely low-frequency electromagnetic fields. *Cardiovasc Res*. 2009;82(3):411–20.
- Ghodbane S, Lahbib A, Sakly M, Abdelmelek H. Bioeffects of Static Magnetic Fields: Oxidative Stress, Genotoxic Effects, and Cancer Studies. *BioMed Research International*. 2013;2013:1-12.
- Zenchenko TA, Medvedeva AA, Potolitsyna NN, Parshukova OI, Boiko ER. The dynamics of pulse rate and biochemical parameters in blood of healthy individuals in relation to Pc5-6 geomagnetic pulsations. *Biofizika*. 2015;60(2):385-94.
- Zenchenko TA, Rekhtina AG, Poskotinova L V., Zaslavskaya RM, Goncharov LF. Comparative analysis of the response of microcirculation parameters and blood pressure to geomagnetic activity in healthy people. *Bull Exp Biol Med*. 2012;152(4):402–5.
- Pishchalnikov RY, Sasonko ML, At'kov OY, Breus TK, Gurfinkel YI, Vasin AL. Effect of zero magnetic field on cardiovascular system and microcirculation. *Life Sci Sp Res*. 2015;8:1–7.
- Papailiou M, Mavromichalaki H, Kudela K, Stetiariova J, Dimitrova S, Giannaropoulou E. The effect of cosmic ray intensity variations and geomagnetic disturbances on the physiological state of aviators. 2011;7:373–377.
- McCraty R, Shaffer F. Heart rate variability: New perspectives on physiological mechanisms, assessment of self-regulatory capacity, and health risk. *Glob Adv Heal Med*. 2015;4(1):46–61.
- McCraty R, Atkinson M, Stolc V, Alabdulgader A, Vainoras A, Ragulskis M. Synchronization of Human Autonomic Nervous System Rhythms with Geomagnetic Activity in Human Subjects. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017;14(7):770.
- Alabdulgader A, McCraty R, Atkinson M, Dobyns Y, Vainoras A, Ragulskis M, et al. Long-term study of heart rate variability responses to changes in the solar and geomagnetic environment. *Sci Rep*. 2018;8(1):1–14.
- Chen P-S, Fishbein MC, Wachsmann-Hogiu S, Li H, Tan AY, Chen LS. Autonomic Innervation and Segmental Muscular Disconnections at the Human Pulmonary Vein-Atrial Junction. *J Am Coll Cardiol*. 2006;48(1):132–43.
- Yu L., Dyer J. W., Scherlag B. J., Stavrakis S., Sha Y., Sheng X., et al. The use of low-level electromagnetic field to suppress atrial fibrillation. *Heart Rhythm*. 2015;12:809-817.
- Alabdulgade A, Rollin M, Atkinson M, Vainoras A, Berškienė K, Mauricienė V, et al. 1753 . Human heart rhythm sensitivity to earth local magnetic field fluctuations. 2015;3271–9.
- Shaposhnikov D, Revich B, Gurfinkel Y, Naumova E. The influence of meteorological and geomagnetic factors on acute myocardial infarction and brain stroke in Moscow, Russia. *Int J Biometeorol*. 2014 Jul;58(5):799-808.
- Stoupel E, Babayev E, Mustafa F, Abramson E, Israelevich P, Sulkes J. Acute myocardial infarction occurrence: environmental links - Baku 2003-2005 data. *Med Sci Monit*. 2007;13(8):BR175-9.
- Stoupel E, Tamoshinas A, Radishauskas R, Bernotiene G, Abramson E, Israelevich P. Acute myocardial infarction (AMI) (n-11026) on days of zero geomagnetic activity (GMA) and the following week: differences at months of maximal and minimal solar activity (SA) in solar cycles 23 and 24. *J Basic Clin Physiol Pharmacol*. 2012;23(1):5-9.
- Stoupel E. Cardiac Arrhythmia and Geomagnetic Activity. *PubMed Central*. 2006
- Jaruševičius G., Rugelis T., McCraty R., Landauskas M., Berškienė K., Vainoras A. Correlation between changes in local Earth's magnetic field and cases of acute myocardial infarction. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018;15(399).

22. Žiubrytė G., Jaruševičius G., Landauskas M., McCraty R., Vainoras A. The local earth magnetic field changes impact on weekly hospitalization due to unstable angina pectoris. *Journal of Complexity in Health Sciences*. 2018;1:16-25.
23. Stoupel E, Radishauskas R, Bernotiene G, Tamoshiunas A, Virvichiute D. Blood troponin levels in acute cardiac events depends on space weather activity components (a correlative study). *J Basic Clin Physiol Pharmacol*. 2018.
24. Vencloviene J, Babarskiene R, Milvidaite I, Kubilius R, Stasionyte J. The effect of solar-geomagnetic activity during and after admission on survival in patients with acute coronary syndromes. *Int J Biometeorol*. 2014 Aug;58(6):1295-303.
25. Dimitrova S, Mustafa F, Stoilova I, Babayev E, Kazimov E. Possible influence of solar extreme events and related geomagnetic disturbances on human cardio-vascular state: Results of collaborative Bulgarian–Azerbaijani studies. *Advances in Space Research*. 2009;43(4):641-648.
26. Vencloviene J, Babarskiene RM, Dobožinskas P, Sakalyte G, Lopatiene K, Mikelionis N. Effects of weather and heliophysical conditions on emergency ambulance calls for elevated arterial blood pressure. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;12(3):2622–38.
27. Caswell JM, Carniello TN, Murugan NJ. Annual incidence of mortality related to hypertensive disease in Canada and associations with heliophysical parameters. *Int J Biometeorol*. 2016;60(1):9-20.
28. Stoupel E, Martfel J, Rotenberg Z. Paroxysmal atrial fibrillation and stroke (cerebrovascular accidents) in males and females above and below age 65 on days of different geomagnetic activity levels. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*. 1994;5(3-4).
29. Mavromichalaki H, Preka-Papadema P, Theodoropoulou A, Paouris E, Apostolou T. A study of the possible relation of the cardiac arrhythmias occurrence to the polarity reversal of the solar magnetic field. *Advances in Space Research*. 2016;59(1):366-378.
30. Mavromichalaki H, Papadima T, Giannaropoulou E, Tvildiani L, Preka-Papadema P, Janashia K, et al. A study on the various types of arrhythmias in relation to the polarity reversal of the solar magnetic field. *Nat Hazards*. 2013;70(2):1575–87.
31. Stoupel E, Kusniec J, Mazur A, Zabarsky R, Golovchiner G, Abramson E et al. Temporal Relationship of Implantable Cardioverter Defibrillator Discharges and Environmental Physical Activity. *Pacing and Clinical Electrophysiology*. 2005;28(8):777-781.
32. Ebrille E, Konecny T, Konecny D, Spacek R, Jones P, Ambroz P et al. Correlation of Geomagnetic Activity With Implantable Cardioverter Defibrillator Shocks and Antitachycardia Pacing. *Mayo Clinic Proceedings*. 2015;90(2):202-208.
33. Žiubrytė G, Jaruševičius G, Jurjonaitė J, Landauskas M, McCraty R, Vainoras A. Correlations between acute atrial fibrillation and local earth magnetic field strength. *Journal of Complexity in Health Sciences*. 2018;1(2):31-41.
34. Nastos P, Paliatsos A, Tritakis V, Bergiannaki A. Environmental Discomfort and Geomagnetic Field Influence on Psychological Mood in Athens, Greece. *Indoor and Built Environment*. 2006;15(4):365-372.