

Įvairių fizinių treniruočių veiksmingumas padidėjusios kardiometabolinės rizikos asmenims: literatūros apžvalga

Jūratė Vertelytė¹, Jūratė Zupkauskienė^{1,2}

¹Vilniaus universiteto Medicinos fakultetas

Vilnius University, Faculty of Medicine

²Vilniaus universiteto Medicinos fakulteto Klinikinės medicinos instituto

Širdies ir kraujagyslių ligų klinika

Vilnius University, Faculty of Medicine, Institute of Clinical Medicine,
Clinic of Cardiac and Vascular Disease

El. paštas: jurate.vertelyte@mf.stud.vu.lt

Santrauka

Įvadas. Padidėjusios kardiometabolinės rizikos asmenims reguliarios fizinės treniruotės ypač naudingos. Įvairios fizinės treniruotės skiriasi trukme, intensyvumu, atliekamų pratimų pobūdžiu, tad gali skirtingai veikti kardiometabolinės rizikos veiksnius.

Darbo tikslas. Apžvelgti plačiausiai literatūroje aprašomų treniruočių: aerobinių, jėgos, intervalinių, bei šių treniruočių derinių poveikį asmenims, turintiems padidėjusią kardiometabolinę riziką.

Darbo metodai. Atlikta mokslinės literatūros paieška „PubMed“ duomenų bazėje. Iš viso į literatūros apžvalgą įtrauktos paskutinių šešerių metų 37 publikacijos anglų kalba.

Rezultatai. Remiantis apžvelgtų mokslinių publikacijų duomenimis, aerobinės, jėgos, kombinuotos treniruotės bei didelio intensyvumo intervalinės treniruotės mažina kūno svorį, kūno masės indeksą, kūno riebalinę masę, juosmens apimtį, teigiamai veikia lipidų bei gliukozės apykaitą, hemodinamikos bei kraujagyslių rodiklius. Jėgos ir kombinuotos treniruotės padeda išlaikyti ar padidinti kūno raumeninę masę. Dažniausiai ilgesnės trukmės treniruočių programos

bei didelio intensyvumo treniruotės lemia reikšmingesnius kardiometabolinės rizikos rodiklių pokyčius. Didelio intensyvumo intervalinės treniruotės gali sumažinti kardiometabolinę riziką, nepaisant mažos jų trukmės. Fizinių treniruočių efektyvumas priklauso ne tik nuo treniruočių tipo, trukmės ar intensyvumo, bet ir nuo besitreniruojančio asmens kardiometabolinio sutrikimo. Pavyzdžiui, jėgos treniruočių efektyvumas morbidinį nutukimą turintiems asmenims yra didesnis, nei tiems, kurių nutukimas yra I ar II laipsnio. Taip pat nustatyta, jog didelio intensyvumo intervalinės treniruotės naudingesnės esant prediabetui, nei 2 tipo cukriniam diabetui.

Išvados. Aerobinės, jėgos, kombinuotos treniruotės bei didelio intensyvumo intervalinės treniruotės mažina kūno svorį, riebalinę masę, gerina gliukozės ir lipidų apykaitos, hemodinamikos bei kraujagyslių rodiklius. Įvairių fizinių treniruočių efektyvumas priklauso nuo treniruotės tipo, trukmės, fizinio krūvio intensyvumo ir besitreniruojančio asmens kardiometabolinio sutrikimo.

Reikšminiai žodžiai: kardiometabolinė rizika, fizinės treniruotės, nutukimas, diabetas, metabolinis sindromas.

ĮVADAS

Fizinės treniruotės ir bendras fizinis aktyvumas visuotinai pripažįstamas kaip svarbus sveikatingumo komponentas [1]. Reguliarus, pakankamas fizinis aktyvumas naudingas ne tik sveikiems asmenims, bet ir jau turintiems padidėjusią kardiometabolinę riziką. Fizinis aktyvumas, net ir netaikant kitų gyvensenos intervencijų, gali šią riziką sumažinti [2]. Padidėjusią kardiometabolinę riziką gali nulemti antsvoris ar nutukimas, arterinė hipertenzija, padidėjusi juosmens apimtis, atsparumas insulinui, gliu-

kozės ir lipidų apykaitos sutrikimas. Šių rizikos veiksnių paplitimas sparčiai auga. Pasaulio sveikatos organizacijos (PSO) duomenimis, nuo 1975 metų triskart išaugo nutukimo paplitimas [3], 2016 metais net 39 % asmenų, vyresnių nei 18 metų, turėjo antsvorio, o 13 % buvo nutukę [3]. Sparčiai didėja ir cukrinio diabeto (CD) [4, 5] bei arterinės hipertenzijos paplitimas [6]. Kardiometabolinės rizikos veiksnių patogenezės glaudžiai susijos [7], tad neretai asmenys turi kelis sveikatos rodiklių nuokrypius, kartu yra nepakankamai fiziškai aktyvūs, didelę dalį dienos sėdi.

PSO suaugusiems asmenims rekomenduoja bent 150 minučių per savaitę atlikti vidutinio intensyvumo aerobines fizines treniruotes ar bent 75 minutes per savaitę užsiimti didelio intensyvumo aerobinėmis fizinėmis treniruotėmis, taip pat derinti vidutinio ir didelio intensyvumo aerobinių fizines treniruotes [1]. Be viso to, rekomenduojamos ir jėgos treniruotės, kurios tinka ir 2 tipo CD sergantiems pacientams [5, 8]. Nors visuomenės susidomėjimas fiziniu aktyvumu didėja, rekomenduojama treniruočių trukmė pasiekama retai, o dažniausia priežastis – laiko trūkumas [9]. Fizinio aktyvumo rekomendacijose daugiausia kalbama apie aerobines treniruotes, kurių nauda sveikatai jau įrodyta [1], tačiau efektyvi tokio tipo treniruotė būna ilgesnė, dažniausiai atliekama palaikant vienodą fizinio krūvio intensyvumą. Vis dažniau mokslininkai tiria mažesnės trukmės, tačiau panašaus efektyvumo intervalines fizines treniruotes [10–12] bei akcentuoja jėgos treniruočių svarbą bendroje fizinio aktyvumo rutinoje [5, 9]. Siekiant suderinti aerobinių ir jėgos treniruočių teikiamą naudą, tiriamos ir kombinuotos fizinės treniruotės [13]. Įvairių fizinių treniruočių poveikis sveikatai gali skirtis, todėl svarbu parinkti fizines treniruotes, kurios efektyviai veiktų reikiamus kardiometabolinius veiksnius.

Darbo tikslas – apžvelgti plačiausiai literatūroje aprašomų treniruočių: aerobinių, jėgos, intervalinių, bei šių treniruočių derinių poveikį asmenims, turintiems padidėjusią kardiometabolinę riziką.

TYRIMO MEDŽIAGA IR METODAI

Atlikta mokslinės literatūros paieška „PubMed“ duomenų bazėje. Analizei buvo naudojami viso teksto tarptautiniuose recenzuojamuose mokslo leidiniuose skelbti straipsniai, kurių pavadinimas, santrauka ir reikšminiai žodžiai atitiko apžvalgos tikslą. Naudoti šie reikšminiai žodžiai: *cardiometabolic risk, physical training, diabetes, obesity, metabolic syndrome, aerobic training, strength training, combined training, HIIT*. Į apžvalgą įtraukti 37 paskutinių šešerių metų tyrimai, publikuoti anglų kalba.

TYRIMO REZULTATAI

Aerobinės treniruotės

Tai ritmiška, ištvermės reikalaujanti fizinė veikla, kurios esminis principas yra aerobinis metabolizmas. Šių treniruočių metu dalyvauja didelės raumenų grupės. Tai gali būti vaikščiojimas, bėgimas, važiavimas dviračiu, plaukimas, šokiai ir kitos fizinės veiklos, jei jas atliekant pasiekiamas optimalus fizinio krūvio intensyvumas. Intensyvumas turi būti pakankamas, bet ne per didelis, kad būtų išlaikytas reikiamas audinių aprūpinimas deguonimi, atitinkantis padidėjusį deguonies poreikį fizinės veiklos metu [14]. Aerobinės treniruotės intensyvumas dažniausiai vertinamas remiantis maksimaliu deguonies pasisavinimu ($\text{VO}_2 \text{ max}$) ar asmeniui nustatytu maksimaliu širdies susitraukimų dažniu (ŠSD) [15, 16]. Šie rodikliai priklauso nuo asmens kardiorespiracinio pajėgumo ($\text{VO}_2 \text{ max}$), kuris išskiriamas kaip nepriklausomas mirštamumo nuo širdies ir kraujagyslių

ligų rizikos veiksnys [17]. Pagerinus maksimalų VO_2 bent 3,5 ml/kg/min, mirtinų kardiovaskulinių įvykių rizika sumažinama 19 % [17]. Pagal treniruočių intensyvumą aerobines treniruotes galima skirstyti į mažo, vidutinio ir didelio intensyvumo (1 lentelė), pagal treniruotės protokolą – į pastovaus intensyvumo ir intervalines.

Nustačius padidėjusią kardiometabolinę riziką, svarbu sureguliuoti paciento kūno svorį, sumažinti kūno riebalinės masės dalį, ypač pilvo srityje. Statistiškai reikšmingiau kūno svorį, juosmens apimtį mažina didelio ir vidutinio intensyvumo aerobinės treniruotės, palyginti su mažo intensyvumo aerobinėmis treniruotėmis [18, 19]. Kiti tyrimai taip pat rodo kūno svorio, juosmens apimties, visceralinių riebalų kiekio mažėjimą, ypač atliekant vidutinio pastovaus intensyvumo treniruotes (MICT – angl. *moderate-intensity continuous training*) [16, 20]. Tokius rezultatus galėtų paaiškinti didesnis energijos sunaudojimas atliekant didelio ir vidutinio intensyvumo aerobines treniruotes. Lyginant izoenerginės intervalines, pastovaus mažo, vidutinio ar didelio intensyvumo treniruotes tarpusavyje, poveikis kūno masei yra panašus [21, 22]. Aerobinių treniruočių efektyvumas kur kas didesnis nutukimą turintiems asmenims, kurie, be šių treniruočių, dar ir apskritai padidina fizinio aktyvumo lygį, pavyzdžiui, daugiau vaikšto [23]. Tai leidžia reikšmingai sumažinti kūno svorį [23]. Damono L. Swifto ir kt. tyrimo duomenimis, bent 3 % kūno masę sumažinusiems nutukusiems asmenims gauti geresni jautrumo insulinui rezultatai [24]. Kartu sumažėjo triglicerolių, ne didelio tankio lipoproteinų cholesterolio (ne DTL-chol), mažo tankio lipoproteinų cholesterolio (MTL-chol) bei padidėjo didelio tankio lipoproteinų cholesterolio (DTL-chol) koncentracijos kraujyje [24].

Siekiant sumažinti atsparumą insulinui, verčiau rinktis intensyvesnes aerobines treniruotes [10, 20]. Joyce S. Ramos ir kt. tyrimas parodė, kad metabolinį sindromą (MetS) turintiems asmenims, atliekantiems MICT, per 16 savaitių reikšmingai sumažėjo atsparumas insulinui (Matsudos indeksas -32 %, $p < 0,001$) [20]. Reikšmingas atsparumo insulinui sumažėjimas nutukusiems vyrams buvo pasiektas ir per 4 savaites (Matsudos indeksas -24 %) [10] ar 8 savaites pacientams, turintiems 2 tipo CD bei nealkoholinį kepenų suriebėjimą (-0,8 HOMA-IR) [16]. Aerobinės treniruotės gali sumažinti glikemijos rodiklių svyravimus 2 tipo CD sergantiems asmenims, ypač tiems, kurių gliukozilintas hemoglobinas (HbA_{1c}) $> 7,5$ % [25]. Esant padidėjusiai rizikai sirgti CD, aerobinės treniruotės pagerina gliukozės apykaitą [26]. Aerobinės treniruotės ypač naudingos izoliuoto gliukozės toleravimo sutrikimo atveju – šio prediabeto fenotipo pacientams pastebėtas didžiausias alkio gliukozės bei HbA_{1c} koncentracijos sumažėjimas [27]. Martos Wrobel ir kt. atliktas 1 tipo CD pacientų tyrimas parodė, jog 3 mėnesiai aerobinių ar jėgos treniruočių gali sumažinti insulino suvartojimą organizme nuo 75 U/d iki 68 U/d [28]. Fizinės treniruotės mažiau efektyvios ilgai 1 tipo CD sergantiems pacientams [28]. Minėtame tyrime reikšmingo poveikio CD kontrolei nebuvo tiems, kurie jau daugiau nei 15 metų serga 1 tipo CD [28].

Padidėjusios kardiometabolinės rizikos asmenims neretai nustatoma dislipidemija, kuriai koreguoti tinkamos didelio ar vidutinio intensyvumo aerobinės treniruotės [16, 29]. Didelio ar vidutinio intensyvumo aerobinės treniruotės gali sumažinti triglicerolių, MTL-chol ir padidinti DTL-chol koncentraciją kraujyje [16, 29]. Tačiau Mohamedo Saido ir kt. atlikto tyrimas parodė, kad ir mažo intensyvumo aerobinės treniruotės mažina bendrojo cholesterolio, apolipoproteino B (Apo B), apolipoproteino A-I (Apo A-I) koncentracijas kraujyje [19].

Padidėjusios kardiometabolinės rizikos pacientams svarbus aerobinių treniruočių teigiamas poveikis hemodinamikos bei kraujagyslių funkcijos rodikliams [19, 30, 31]. Tyrime su prehipertenziją turinčiomis nutukusiomis moterimis 10 savaičių trukmės MICT koregavo kraujospūdžio reguliavime dalyvaujančių ACE ir ADRB2 genų raišką, sumažino angiotenzino koncentraciją kraujo plazmoje, o tai leido sumažinti arterinį kraujospūdį [32]. Šie poky-

čiai pagerino ir endotelio funkciją – reikšmingai padidėjo nuo tėkmės priklausoma žasto arterijos dilatacija [32]. Padidinti azoto oksido sintezę, jo bioprieinamumą ir kartu pagerinti endotelio funkciją ne ką prasčiau gali aerobinės treniruotės, atliekamos namų sąlygomis su minimalia trenerio priežiūra. Tai parodė Samo N. Scotto ir kt. atliktas tyrimas, kuriame nutukę asmenys, gavę nurodymus, atliko savarankiškas treniruotes namuose, stengdamiesi pasiekti reikiamą ŠSD, išlaikyti numatytą treniruočių struktūrą (HIIT – angl. *high intensity interval training*, ar MICT), ir buvo stebimas jų ŠSD, o duomenys prieinami tiek dalyviams, tiek treneriui [15]. Teigiamas aerobinių treniruočių poveikis sistoliniam arteriniam kraujo spaudimui aprašomas rečiau [30]. Net ir ilgai trukę tyrimai neparodė teigiamo aerobinių treniruočių poveikio sistoliniam arteriniam kraujospūdžiui [19]. Dažniau pabrėžiama aerobinių treniruočių įtaka diastoliniam arteriniam kraujospūdžiui, sisteminiam kraujagyslių pasipriešinimui [31].

1 lentelė. Aerobinių treniruočių skirstymas pagal fizinio krūvio intensyvumą [33]
Table 1. Classification of aerobic training based on intensity of physical exertion [33]

Aerobinė treniruotė	Krūvio intensyvumas pagal VO ₂ max (%)	Krūvio intensyvumas pagal maksimalų ŠSD (%)	Krūvio intensyvumas pagal ŠSD rezervą (%)
Mažo intensyvumo	<40	<55	<40
Vidutinio intensyvumo	40–69	55–74	40–69
Didelio intensyvumo	70–85	75–90	70–85
Labai didelio intensyvumo	>85	>90	>85

Paaiškinimai: VO₂ max – maksimalus deguonies sunaudojimas; ŠSD – širdies susitraukimų dažnis. Maksimalus ŠSD nustatomas pagal Karvoneno formulę: 220 – amžius metais. ŠSD rezervas – maksimalaus ŠSD ir ramybės ŠSD skirtumas.

JĖGOS TRENIRUOTĖS

Jėgos treniruotės – tai fizinių pratimų derinys. Jos dar kitaip vadinamos pasipriešinimo treniruotėmis. Šioms treniruotėms naudojami įvairūs svarmenys, stacionarūs treniruokliai, kūno svoris ar elastinės juostos. Per jėgos treniruotes atliekami judesio pakartojimai su pasipriešinimu. Judesys būna pritaikytas tam tikrai raumenų grupei treniruoti, pavyzdžiui, rankos lenkimas su svarmeniu per alkūnės sąnarį treniruoja priekinius žasto raumenis. Raumenų jėgą treniruoja ir pritūpimai, atsispaudimai, prisitraukimai [13]. Jėgos treniruotės rekomenduojamos visiems bent dukart per savaitę, taip pat ir CD sergantiems pacientams [1, 5]. Jėgos treniruotės svarbios ne tik mažinant bendrą kūno svorį, juosmens apimtį, riebalinę kūno masės dalį [9, 34, 35], bet ir išlaikant ar padidinant kūno raumeninę masę [28]. Tačiau jėgos treniruočių poveikis kūno svoriui nėra toks ryškus kaip aerobinių treniruočių [36]. Dažniau pastebima, jog atliekant jėgos treniruotes kūno svoris mažėja nežymiai [37]. Tai būtų galima paaiškinti tuo, jog per šias treniruotes riebalinę kūno masės dalį keičia didėjanti raumeninė kūno masė [9, 37]. Be teigiamų kūno svorio ir raumeninės masės pokyčių, po atliktų jėgos treniruočių pastebimi ir tam tikrų kardiometabolinių rodiklių pokyčiai. Jėgos treniruotės siejamos su lipidemijos

mažinimu [35, 36], teigiamu poveikiu gliukozės apykaitai [36, 37], hemodinamikos ir kraujagyslių rodikliams [9, 29]. Pedro Delgado-Floody ir kt. atlikto 20 savaičių trukmės tyrimo duomenimis, jėgos treniruotės yra tinkamos MetS prevencijai nutukimą jau turintiems asmenims [34]. Morbidinio nutukimo atveju pastebimas geresnis atsakas į jėgos treniruotes, nei esant I ar II laipsnio nutukimui, – galima ženklėsnė kūno svorio, kūno masės indekso (KMI), arterinio kraujospūdžio, lipidų apykaitos sutrikimų korekcija [34]. Lipidų apykaitą teigiamai veikia ir pavienės jėgos treniruotės, atliekamos prieš valgį [38]. Tai mažina su maistu susijusią lipidemiją bei aktyvina lipidų oksidaciją organizme [38].

Vis dažniau tiriama jėgos treniruotės, atliekamos rato principu (angl. *circuit training*). Per vieną pratimų ratą paileiui atliekami pratimai skirtingų raumenų grupių jėgai lavinti be ilgesnių pertraukų tarp pratimų [39]. Pavyzdžiui, atliekami pritūpimai, rankos lenkimas per alkūnės sąnarį, svarmens stūmimas nuo krūtinės gulint, kojų tiesimas ir lenkimas per kelio sąnarį, svarmens kėlimas virš galvos, svarmens tempimas žemyn. Baigus vieną pratimų ratą, galima daryti pertrauką. Per vieną treniruotę dažniausiai atliekami keli jėgos pratimų ratai [35]. Didesnis šių treniruočių intensyvumas siejamas su galimu didesniu efekty-

vumu kardiometabolinei rizikai mažinti [29, 35]. Tiriant rato principu atliekamų jėgos treniruočių poveikį padidėjusiai kardiometabolinei rizikai pastebėta, jog 8 savaites atliekant tokias treniruotes padidėja DTL-chol, sumažėja MTL-chol, bendrojo cholesterolio ir triglicerolių koncentracijos kraujyje [35].

Įprastų jėgos treniruočių metu jėgos pratimai atliekami tam tikrai raumenų grupei, darant ilgesnes pertraukas, pavyzdžiui, penkiolika kartų svoris keliamas nuo krūtinės, tai atliekama triskart su trumpomis pertraukomis ir tik po to atliekamas kitas pratimas [37]. Tiriant įprastas jėgos treniruotes teigiami lipidemijos pokyčiai pastebėti po 12 mėnesių, o glikemijos pokyčiai – po trijų mėnesių [36].

Prediabeto pacientams 24 mėnesiai jėgos treniruočių sumažino 2 tipo CD dažnį 65 % [36]. Siekiant sumažinti HbA1c vertę reikia pakankamai ilgų fizinių treniruočių programos, ypač pacientams, sergantiems prediabetu, kurių HbA1c yra 5,4–5,5 % [37]. Xiaodan Yuano ir kt. tyrime 6 mėnesiai jėgos treniruočių reikšmingai nesumažino pacientų HbA1c, tačiau buvo pagerintas jautrumas insulinui ir išsaugota kasos β ląstelių funkcija prediabetą turintiems asmenims [37]. Kitame tyrime reikšmingas teigiamas HbA1c vertės pokytis buvo gautas tik po 12 mėnesių jėgos treniruočių [27]. Reikšmingas jėgos treniruočių poveikis glikemijos rodikliams pastebėtas asmenims, jau turintiems nutukimą, atsparumą insulinui ar sergantiems 2 tipo CD [5, 34, 40]. Yra duomenų, kad jėgos treniruotės labiau pagerina glikemijos kontrolę nei aerobinės treniruotės tiems pacientams, kurių HbA1c >7,5 % [25]. Didelio intensyvumo jėgos treniruotės, atliekamos rato principu, labiau pagerina alkio glikemiją ir HbA1c nei įprastos jėgos treniruotės [29].

Didelio intensyvumo jėgos treniruotės siejamos su reikšmingu arterinio kraujospūdžio sumažėjimu [29], nors įprastos jėgos treniruotės mažiau efektyvios mažinant sistolinį ir diastolinį arterinį kraujospūdį nei aerobinės treniruotės [37]. Robinsono Ramirez-Velezo ir kt. atliktame tyrime pabrėžiama, kad jėgos treniruotės didžiausią teigiamą įtaką turi tokiems kraujagysliniams žymenims kaip pulsinės bangos greitis ir tékmės sąlygota dilatacija [9].

KOMBINUOTOS TRENIRUOTĖS

Skirtingas jėgos ir aerobinių treniruočių poveikis kardiometaboliniams rizikos veiksniams mažinti gali būti derinamas atliekant kombinuotas treniruotes. Tyrimų metodikose aprašomi įvairūs aerobinių ir jėgos treniruočių deriniai. Galimos treniruotės, jungiančios jėgos pratimus ir MICT arba HIIT [9, 36]. Neretai taikomas toks kombinuotų treniruočių protokolai, kai pradedama nuo jėgos treniruotės, o po jos atliekama aerobinė treniruotė [36, 41, 42]. Taip pat galimas toks kombinuotų treniruočių protokolai: tris dienas per savaitę atliekamos tik aerobinės treniruotės, kitas dvi ne iš eilės dienas – jėgos treniruotės [40]. Kombinuotoms treniruotėms galima priskirti ir didelio intensyvumo funkcinės treniruotes (angl. *Functional high-intensity exercise training* – F-HIT). F-HIT apima vienu metu atliekamą aerobinę ir jėgos treniruotę. F-HIT paremtos nepertrau-

kiamu didelio intensyvumo judesiu, kai treniruotės trunka apie 8–20 min. per vieną sesiją [43].

Jėgos treniruotės, atliekamos kartu su aerobinėmis, reikšmingai koreguoja kūno svorį bei padeda palaikyti kūno raumeninę masę [13, 19]. Tokie rezultatai gaunami ne viename tyrime, nepriklausomai nuo kombinuotos treniruotės protokolo [19, 43]. Dvejus metus trukusios prediabetu sergančių pacientų kombinuotos treniruotės sumažino jų kūno svorį 7 % [36]. Kombinuotų treniruočių tyrimas su antsvorio turinčiais vyresniais vyrais parodė, jog per 12 savaičių jų kūno svoris sumažėjo 2,16 % [41]. Kituose antsvorio ar gliukozės apykaitos sutrikimų turinčių pacientų tyrimuose taip pat pabrėžiamas reikšmingas juosmens apimtys, riebalinės kūno masės, visceralinių riebalų kiekio mažėjimas [9, 42, 43]. Pastebėta, jog atliekant kombinuotas treniruotes raumeninės kūno masės kiekis ne tik išlaikomas, bet ir padidėja [42]. Vertinant F-HIT, taikytas 2 tipo CD pacientams, ne tik mažėjo šių pacientų riebalinė kūno masė, bet ir 110 % sumažėjo MetS sunkumo vertinimo rodiklis – z įvertis [43].

F-HIT trunka trumpiau, nei rekomenduojama pacientams, sergantiems 2 tipo CD, tačiau Ciriano E. Fealy ir kt. tyrime šiems pacientams vis vien reikšmingai buvo koreguotas kraujospūdis, dislipidemija, pagerintas jautrumas insulinui [43]. Said ir kt. duomenimis, nutukimą ar antsvorį turinčiomis moterimis mažo intensyvumo aerobinės treniruotės, derintos su jėgos treniruotėmis, reikšmingo teigiamo poveikio glikemijai neturėjo [19]. Pastebėta, jog intensyvesnių aerobinių ir jėgos treniruočių deriniai prediabetą turintiems pacientams sumažina 2 tipo CD išsivystymo riziką, mažina glikemiją, gerina jautrumą insulinui [13, 36]. Xia Dai ir kt. tyrimas parodė, kad po 3 mėnesių kombinuotų treniruočių prediabeto pacientams sumažėjo glikemijos lygis, o po 2 metų tęsiamų kombinuotų treniruočių normalizavosi alkio gliukozės, gliukozės toleravimo testo bei HbA1c rezultatai [36]. Šio tyrimo kombinuotų treniruočių grupėje 2 tipo CD pasireiškimo dažnis sumažėjo 74 % [36]. Kitas tyrimas pademonstravo, jog 12 savaičių HIIT ar MICT kartu su jėgos treniruotėmis pagerino jautrumą insulinui, sumažino alkio gliukozės, alkio insulino koncentracijas bei HbA1c vertę [44]. Tačiau Cristiano Alvarezo ir kt. atliktame tyrime kombinuotos treniruotės neturėjo reikšmingų teigiamų glikemijos ir jautrumo insulinui pokyčių moterims, turinčioms antsvorio ar nutukimą [40].

Kombinuotos treniruotės teigiamai veikia lipidų koncentraciją kraujyje. Derinant aerobines ir jėgos treniruotes 12 mėnesių pastebėta, kad prediabeto pacientams sumažėjo bendrojo cholesterolio, triglicerolių, MTL-chol ir padidėjo DTL-chol koncentracijos [36]. Mohamedo Saido ir kt. duomenimis, po 24 mėnesių mažo intensyvumo aerobinių treniruočių, derintų su jėgos treniruotėmis, kraujyje sumažėjo bendrojo cholesterolio, MTL-chol, triglicerolių ir Apo B koncentracijos bei padidėjo DTL-chol ir Apo A-I koncentracijos [19]. Tiriant 12 savaičių trukmės vidutinio intensyvumo aerobinių ir jėgos treniruočių derinio poveikį, rastas reikšmingas MTL-chol, triglicerolių, epinefrino koncentracijų kraujyje sumažėjimas ir DTL-chol koncentracijos

padidėjimas [13]. Išanalizavus trumpų F-HIT poveikį tiriamiesiems nustatyta padidėjusi riebalų oksidacija, padidėjusi didelės molekulinės masės adiponektino ir sumažėjusi triglicerolių koncentracija kraujyje, tačiau bendrojo cholesterolio bei MTL-chol koncentracijos pokyčiai nebuvo statistškai reikšmingi [43].

Kombinuotos treniruotės teigiamai veikia hemodinamikos ir kraujagyslinius rodiklius [13, 45]. Tiriant 12 savaičių kombinuotų treniruočių efektyvumą vyrams, turintiems prehipertenziją ir nutukimą, ramybės sistolinis arterinis kraujospūdis sumažėjo $-4,3\%$ [45]. Kitame nutukusių pacientų tyrime taip pat pastebėtas sistolinio, vidurinio arterinio (MAP) bei pulsinio arterinio kraujospūdžio sumažėjimas [13]. Tiriant 2 tipo CD sergančius pacientus po 6 savaičių F-HIT programos nustatytas tik ryškus MAP ir diastolinio arterinio kraujospūdžio sumažėjimas $\sim 5,5$ mmHg [43], o tiriant antsvorį ar nutukimą turinčias moteris po 24 savaičių mažo intensyvumo aerobinių ir jėgos treniruočių derinio pastebėtas tik diastolinio arterinio kraujospūdžio sumažėjimas $-3,31 \pm 1,9\%$ [19].

Padidėjęs kūno svoris neigiamai veikia arterijų standumą [46]. Kuo didesnis laipsnis paciento nutukimas ar antsvoris, tuo standesnės jo arterijos [45]. Padidėjusį arterijų standumą gali rodyti padidėjęs pulsinės bangos greitis, o tai lemia blogesnę kardiovaskulinę prognozę [47]. Pademonstruota, jog kombinuotos treniruotės nutukimą turintiems pacientams mažina pulsinės bangos greitį [13], o 12 savaičių trukmės kombinuotos treniruotės pulsinės bangos greitį gali sumažinti maždaug $1,6$ m/s (vidutiniškai apie $-0,4$ m/s) [9].

DIDELIO INTENSIVUMO INTERVALINĖS TRENIRUOTĖS

Didelio intensyvumo intervalinės treniruotės (HIIT) įprastai sudarytos iš intensyvaus fizinio krūvio ir poilsio ar mažo intensyvumo fizinio krūvio intervalų. Pavyzdžiui galėtų būti tokia treniruotė, kai atliekami keturi 4 minučių trukmės treniruočių intervalai, pasiekiant $85\text{--}95\%$ nustatyto maksimalaus ŠSD, o tarp jų būna aktyvaus poilsio intervalai, palaikant mažesnę fizinio krūvio intensyvumą (65% nustatyto maksimalaus ŠSD) [9]. Didelio intensyvumo intervalinėms treniruotėms priskiriamos ir SIT (angl. *sprint interval training*), per kurias atliekami maksimalaus intensyvumo fiziniai pratimai [21]. Shengyan Sun ir kt. tyrime SIT sudarė 6 sekundžių sprinto ir 9 sekundžių poilsio intervalai [21]. Intervalinės treniruotės gali būti aerobinės ir anaerobinės. Dažnai didelis fizinio krūvio intensyvumas lemia anaerobinį metabolizmą, ypač SIT atveju [33]. Apskritai HIIT trunka trumpiau, tad tikimasi, jog tokios treniruotės galėtų užtikrinti pakankamą fizinį aktyvumą, neskiriant tam daug laiko [48]. Išties, padidėjusią kardiometabolinę riziką turinčių asmenų HIIT analizuojantys tyrimai rodo, jog HIIT yra efektyvios šiai rizikai mažinti – pastebimas kūno svorio, liemens apimties mažėjimas, koreguojama gliukozės ir lipidų apykaita, sumažinamas MetS sunkumo rodiklis – z įvertis [9]. Tyrime su MetS turinčiais asmenimis 7 iš 8 tiriamųjų, kurie po 16 savaičių nebeati-

tiko MetS kriterijų, buvo iš HIIT grupės, 1 tiriamasis – iš MICT grupės [20].

HIIT bei SIT efektyviai mažina kūno svorį bei didina asmens kardiorespiracinį pajėgumą [9, 21], nors ne visuose tyrimuose nurodomas intervalinių treniruočių pranašumas dėl mažesnės jų trukmės [2]. Izoenerginės SIT, HIIT ir MICT treniruotės antsvorio turinčioms moterims vienodai efektyviai sumažino kūno svorį (apie 5%) bei pagerino kardiorespiracinį pajėgumą (VO_2max padidėjo apie 25%), tačiau SIT buvo trumpiausios, palyginti su kitomis treniruotėmis [21]. HIIT bei SIT efektyviai mažina KMI, riebalinę masę, visceralinių riebalų kiekį, juosmens apimtį [2, 11, 16]. SIT gali ženkliu mažinti kūno riebalų kiekį galimai dėl didelio fizinio krūvio intensyvumo aktyvuojamo hormonų (epinefrino, norepinefrino) išskyrimo, padidėjusio deguonies suvartojimo po fizinio krūvio (angl. *excess post-exercise oxygen consumption* – EPOC), sumažėjusio alkio pojūčio po treniruotės [49]. Joyce S. Ramos ir kt. tyrime duomenimis, mažo intensyvumo intervalinių treniruočių (1HIIT, žr. 2 lentelę) pakanka siekiant sumažinti MetS laipsnį [20]. Siekiant sumažinti MetS sunkumo lygį pakanka trumpesnių, mažiau intensyvių HIIT treniruočių [11]. Taip pat pastebėta, jog MetS z įverčio sumažėjimas tris kartus didesnis 1HIIT grupėje nei 4HIIT (žr. 2 lentelę) [11].

Daugumoje tyrimų, analizuojančių HIIT bei SIT, nurodoma, jog šios treniruotės labai naudingos siekiant pagerinti jautrumą insulinui [2, 21, 50], tačiau tik SIT gali būti efektyvios, nors joms skiriama mažiau laiko [21, 48]. Shengyan Sun ir kt. tyrime antsvorio turinčių pacientų jautrumas insulinui labai pagerėjo, tačiau SIT grupės treniruotėms prireikė triskart mažiau laiko [21]. Dvylika savaičių aerobinių HIIT, atliekamų savarankiškai namuose su minimalia trenerio priežiūra, 39% pagerino nutukusių asmenų jautrumą insulinui (pagal Matsudos indeksą) [15]. Joyce S. Ramos ir kt. tyrime HIIT neturėjo įtakos 2 tipo CD sergančių žmonių jautrumui insulinui, HbA1c ar alkio glikemijai [20]. Teigiamas jautrumo insulinui pokytis pastebėtas tik pacientams, kurie nesirgo 2 tipo CD, bet turėjo MetS [20]. Kitame tyrime HIIT efektyvumas 2 tipo CD pacientams pastebėtas – sumažėjo atsparumas insulinui bei HbA1c [16]. HIIT taip pat padeda užtikrinti glikemijos pastovumą antsvorio turinčioms ar nutukusioms moterims, kurios turi padidėjusią riziką sirgti 2 tipo CD [26]. Moterims, kurioms nustatytas atsparumas insulinui, HIIT gali sumažinti alkio gliukozę, insuliną bei HOMA atsparumo insulinui indeksą [40].

Padidėjusios kardiometabolinės rizikos asmenims HIIT gali lemti teigiamus lipidų apykaitos pokyčius [16, 20]. Aštuonios savaitės didelio intensyvumo intervalinių treniruočių reikšmingai sumažino nutukimu ir 2 tipo CD sergančių pacientų bendrojo cholesterolio, triglicerolių, MTL-chol koncentracijas bei padidino DTL-chol koncentraciją kraujyje [16]. Joyce S. Ramos ir kt. atliktame MetS pacientų tyrime reikšmingas DTL-chol koncentracijos kraujyje padidėjimas pastebėtas tik mažo intensyvumo HIIT grupėje (1HIIT) [20]. Šeši mėnesiai intervalinių treniruočių, palaikant submaksimalų ŠSD, neturėjo įtakos triglicerolių ar

DTL-chol koncentracijoms kraujyje esant MetS ir nutukimui, tačiau per tą laiką 8 % buvo sumažintas vidurinis arterinis kraujo spaudimas [31].

HIIT bei SIT analizuojančiuose tyrimuose pastebimi ir teigiami hemodinamikos pokyčiai [2, 20, 40]. Dvylikos savaičių HIIT sumažino moterų, turinčių atsparumą insulinui, sistolinį kraujospūdį bei ramybės ŠSD [40]. HIIT lemia sistolinio ir diastolinio arterinio kraujospūdžio sumažėjimą 2 tipo CD pacientams – tam pakanka ir mažo intensyvumo HIIT [20]. Mažo intensyvumo HIIT (1HIIT) naudingos ir 2 tipo CD nesergantiems asmenims, turintiems MetS [20]. Tomasinas Clarkas ir kt. tyrėjai pastebėjo stiprią neigiamą koreliaciją tarp HIIT nulemtu AKS sumažėjimo ir pradinio arterinio kraujospūdžio, tad HIIT tiktų siekiant sumažinti jau padidėjusį arterinį kraujospūdį [12].

IŠVADOS

1. Aerobinės, jėgos, kombinuotos treniruotės bei HIIT yra efektyvios kardiometabolinei rizikai mažinti, kadangi padeda mažinti asmens kūno svorį, riebalinę kūno masę, juosmens apimtį, teigiamai veikia gliukozės bei lipidų apykaitą, pagerina hemodinamikos ir kraujagyslių rodiklius.

2. Naujausių tyrimų duomenimis, aerobinės ir anaerobinės HIIT gali sumažinti asmenų kardiometabolinę riziką, nepaisant mažos jų trukmės.

3. Atskirų fizinių treniruočių rūšių efektyvumas skiriasi priklausomai nuo treniruotės trukmės, fizinio krūvio intensyvumo per treniruotę, besitreniruojančio asmens turimo kardiometabolinio sutrikimo (pvz.: nutukimas, cukrinis diabetas, metabolinis sindromas).

2 lentelė. Pagrindiniai straipsnyje apžvelgti tyrimai pagal atskiras treniruočių rūšis

Table 2. The main studies reviewed in the article are organized by type of training

Autorius, metai, šalis	Šalis	Tiriamieji	Tyrimo metodika	Pagrindiniai rezultatai
Aerobinės treniruotės				
M. Said ir kt., 2017 [19]	Saudo Arabija, Tunisas	32 moterys, turinčios antsvorį ar nutukimą, amžiaus vid. 30,58±3,8 m.	Tiriamieji suskirstyti į HIA (n=16) ir LIAS (n=16) grupes. Trukmė 24 savaitės, 4 k./sav. HIA grupė: 40 min. atliekamos AT, palaikant fizinio krūvio intensyvumą 75–85 % maks. ŠSD. LIAS grupė: 30 min. atliekamos AT palaikant 50–65 % maks. ŠSD, po jos – 20 min JT.	Pokyčiai: kūno riebalinė masė -7,11±6,01 % (p<0,001); KMI -3,97±2,72 % (p<0,05); juosmens apimtis -5,2±3,31 % (p<0,01); TG -11,57±5,75 % (p<0,01); BChol -6,75±5,84 % (p<0,05); MTL-chol -6,1±4,26 % (p<0,05); DTL-chol +9,5±5,4 % (p<0,01); diastolinis AKS -3,07±5,2 % (p<0,05).
L. Liu ir kt., 2021 [27]	Kinija	128 pacientai, sergantys prediabetu (39 – SGN, 29 – GTS, 27 – SGN ir GTS, 33 – padidėjęs HbA1c), suaugusieji <75 m. amžiaus	AT (n=43), JT (n=42) ir kontrolinė grupės (n=43). Trukmė 12 mėn., 3 k./sav. AT: 60 min. vidutinio intensyvumo treniruotės. JT grupė: 60 min. JT, 13 pratimų. Tiriamieji konsultuoti dietologo, taikyti sveikos mitybos principai.	Pokyčiai: GN -0,23 mmol/l; glikemija 2 val. po GTT -0,81 mmol/l; HbA1c -0,02 %. AT buvo efektyviausios pacientams, turintiems GTS.
W. K. Abdelbas-set ir kt., 2020 [16]	Saudo Arabija, Egiptas	7 asmenys, sergantys 2 tipo CD, nealkoholnės kepenų suriebėjimu, nutukimu, 40–60 m. amžiaus	HII (n=16), MIC (n=15), kontrolinė (n=16) grupės. Trukmė 8 sav., 3 k./sav. MIC grupė: 40–50 min., palaikant 60–70 % maks. ŠSD. HII grupė: 3 k. 4 min. intervalai palaikant 80–85 % maks. VO ₂ intensyvumą, tarp jų 2 min. 50 % maks. VO ₂ intensyvumu.	Pokyčiai (MICT): KMI -2,4 kg/m ² ; IHTG -2,4 %; visceraliniai riebalai -11,4 cm ² ; HbA1c -0,4 %; HOMA-IR -0,8; TG -0,22 mmol/l; BChol -0,14 mmol/l; MTL-chol -0,08 mmol/l; DTL-chol +0,03 mmol/l.
S. N. Scott ir kt., 2019 [15]	Jungtinė Karalystė	32 asmenys (amžiaus vid. 36±10 m.), turintys nutukimą ir dar bent du kardiovaskulinės rizikos veiksnius (pagal AHA kriterijus)	HIT namie (n = 9), HIT lab. (n=10), MICT namie (n=13). Informuoti pacientai treniravosi namuose ar laboratorijoje, jų ŠSD buvo stebimas nuotoliniu būdu. Trukmė 12 sav. MICT namie: 30–50 min. palaikant 65 % maks. ŠSD. HIT namie ar lab.: 4–8 k. 1 min >80 % maks. ŠSD bei 1 min. poilsio.	Pokyčiai: kūno masė -2,8 kg; KMI -1 kg/m ² ; kūno riebalinė masė -4 %; visceralinių riebalų masė -12 %; insulino plotas po kreive (AUC) -20 %; Matsudos indeksas +18 %. Alkio glikemijos, insulino, cholesterolio, triglicerolių, DTL-chol, MTL-chol reikšmingų teigiamų pokyčių nepastebėta. TSD +34 %; PBG -14 %.
H. Rafiei ir kt., 2019 [26]	Kanada	15 moterų (amžiaus vid. 49±11 m.), turinčių antsvorį ar nutukimą ir riziką susirgti 2 tipo CD, bei kontrolinė grupė (n=9)	HIIT (n=8), MICT (n=7) ir kontrolinė grupės (n=9). MICT: 2 sav., atlikta 10 treniruočių, palaikant 65 % maks. ŠSD. HIIT grupė: 4–10 k. 1 min. intervalai palaikant 85–90 % maks. ŠSD ir 1 min. poilsio.	Kūno masė ~ -0,9 kg; KMI ~ -0,3 kg/m ² ; juosmens apimtis ~ -1,9 cm; maks. VO ₂ +16 %; diastolinis AKS -3,4 mmHg. Treniruotės sumažino glikemijos variabilumą 24 %, kitų teigiamų gliukozės apykaitos pokyčių nepastebėta.

Jėgos treniruotės				
R. Ramirez-Velez ir kt., 2020 [9]	Kolumbija	57 tiriamieji, turintys nutukimą, padidėjusių liemens apimtį (≥ 90 cm vyrų ir ≥ 80 cm moterų) ar KMI ≥ 25 kg/m ² ir ≤ 30 kg/m ² , 30–50 m. amžiaus	HIIT (n = 14), JT (n = 12), KT (n = 15), MP (n = 16) grupės. Trukmė 12 sav., 3 k./sav. HIIT grupė: 4 k. 4 min. intervalai 85–95 % maks. ŠSD su 65 % maks. ŠSD intervalais. JT: 30–40 min. JT, 6 pratimai, 12–15 pakartojimų. KT: HIIT ir JT. MP: sveikos mitybos principai, energijos suvartojimas sumažintas 5–10 %.	Maks. VO ₂ +4,1 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; TSD +10,5 %; PBG (d=0,391, p<0,001); liemens apimtis -3,95 cm); kūno riebalinė masė -3,2 %; liemens riebalų masė -2 kg.
X. Dai ir kt., 2019 [36]	Kinija	137 (45 vyrai, 92 moterys) prediabetu sergantys tiriamieji, 55–75 m. amžiaus	AT (n=34), JT (n=31), KT (n=37) ir kontrolinė (n=35) grupės. Trukmė 24 mėn., 3 k./sav. JT: 60 min. JT su elastinėmis juostomis. AT: 60 min. šokio treniruotė palaikant 60–70 % maks. ŠSD. KT grupė: 30 min. JT ir 30 min. AT.	2 tipo CD dažnis -65 %; normalizuota glikemija bei HbA1c; kūno svoris -3 % (2,1 kg). Pokyčiai nuo 3 mėn. iki tyrimo pabaigos: BChol ~ -0,6 mmol/l; DTL-chol ~ +0,09 mmol/l. Nuo 3 mėn. TG ~ -0,11 mmol/l (18 tyrimo mėn.); MTL-chol ~ -0,21 mmol/l (12 tyrimo mėn.).
P. Delgado-Floody ir kt., 2019 [34]	Čilė	21 pacientas, kuriems yra I, II laipsnio ar morbidinis nutukimas ir kuriems indikuojama bariatrinė operacija, 18–60 m. amžiaus	CO (nutukimas, KMI 35–40 kg/m ² , n=7), MO (morbidinis nutukimas, KMI ≥ 40 kg/m ² , n=14). Trukmė 20 sav. Abi grupės atliko 60 min. trukmės JT 3 k./sav. Treniruotę sudaro 4–8 jėgos pratimai.	Pokyčiai: kūno masė MO -9,4 kg (p<0,001), CO -3,9 kg (p<0,001); juosmens apimtis MO -10,1 cm (p <0,0001), CO -2,6 cm (p<0,05); sistolinis AKS MO -10,4 mmHg (p<0,0001), CO -5,6 mmHg (p<0,01); diastolinis AKS MO -7 mmHg (p<0,0001); DTL-chol MO +0,284 mmol/l (p<0,05); TG MO -0,33 mmol/l (p<0,0001), CO -0,18 mmol/l (p<0,0001); GN MO -0,5162 mmol/l (p<0,001), CO -0,2276 mmol/l (p<0,0001).
K. B. Roberson ir kt., 2018 [29]	Jungtinės Amerikos Valstijos	19 vyrų ir 5 moterų, turintys kelis kardiometabolinės ir kardiovaskulinės rizikos veiksnius, 65–75 m. amžiaus	AT (n=8), HVCRT (n=9), kontrolinė grupė (n=7). Trukmė 12 sav., 3 k./sav. HVCRT: 11 jėgos pratimų, 12 pakartojimų, 1–3 ratai. AT: 35 min. palaikant ~55 % maks. ŠSD.	HVCRT: Framinghamo rizikos balai -4,4 %; sistolinis AKS -19,5 mmHg; diastolinis AKS -9,5 mmHg; GN -0,5 mmol/l.
Kombinuotos treniruotės				
R. Ramirez-Velez ir kt., 2020 [9]	Kolumbija	57 tiriamieji, turintys nutukimą, padidėjusių liemens apimtį (≥ 90 cm vyrų ir ≥ 80 cm moterų) ar KMI ≥ 25 ir ≤ 30 kg/m ² , 30–50 m. amžiaus	HIIT (n=14), JT (n=12), KT (n=15), MP (n=16) grupės. Trukmė 12 sav., 3 k./sav. HIIT grupė: 4 k. 4 min. intervalai 85–95 % maks. ŠSD su 65 % maks. ŠSD intervalais. JT: 30–40 min. JT, 6 pratimai, 12–15 pakartojimų. KT: HIIT ir JT. MP: sveikos mitybos principai, energijos suvartojimas sumažintas 5–10 %.	Pokyčiai: maks. VO ₂ +6,3 ml/(kg·min); PBG ~ -0,4 m/s; TSD +5,3 %; juosmens apimtis -2,86 cm.
X. Dai ir kt., 2019 [36]	Kinija	137 (45 vyrai, 92 moterys) prediabetu sergantys tiriamieji, 55–75 m. amžiaus	AT (n=34), JT (n=31), KT (n=37) ir kontrolinė (n=35) grupės. Trukmė 24 mėn., 3 k./sav. JT: 60 min. JT su elastinėmis juostomis. AT: 60 min. šokio treniruotė palaikant 60–70 % maks. ŠSD. KT grupė: 30 min. JT ir 30 min. AT.	2 tipo CD dažnis -74 %; normalizuota glikemija ir HbA1c; kūno svoris -7 % (-4,13 kg). Pokyčiai nuo 3 mėn. iki tyrimo pabaigos: BChol ~ -0,73 mmol/l; TG ~ -0,38 mmol/l; DTL-chol ~ +0,04 mmol/l; MTL-chol ~ -0,34 mmol/l.
C. E. Fealy ir kt., 2018 [43]	Jungtinės Amerikos Valstijos	13 tiriamųjų (5 vyrai, 8 moterys, amžiaus vid. 53±7 m.), turinčių antsvorį ar nutukimą ir sergančių 2 tipo CD	6 sav., 3 k./sav. atliekamos F-HIIT CrossFit™ sporto salėje. Tiriamieji atliko jėgos, gimnastikos ir ištvermės pratimus, įvairius jų derinius.	Pokyčiai: riebalinė masė -2,2 kg; diastolinis AKS -5,5 mmHg; MetS z balas -6,6 AU; sumažinti TG ir LMTL; jautrumas insulinui +15 %.

W. Park ir kt., 2020 [13]	Pietų Korėja	20 vyrų, turinčių nutukimą, amžiaus vid. 68,8 ± 0,9 m.	KT (n=10) ir kontrolinė grupės. KT grupė: jėgos pratimai su elastine juosta ir AT (palaikant 60–70 % maks. ŠSD), 3 k./sav., 12 savičių.	Pokyčiai: kūno svoris ~ -0,8 kg; KMI ~ -0,05 kg/m ² ; riebalinė kūno masė ~ -2 %; sistolinis AKS ~ -2,2 mmHg; MAP ~ -0,4 mmHg; MTL-chol ~ -0,184 mmol/l. Sumažėjo epinefrino, IL-6 koncentracijos.
Didelio intensyvumo intervalinės treniruotės				
R. Ramirez-Velez ir kt., 2020 [9]	Kolumbija	57 tiriamieji, turintys nutukimą, padidėjusią juosmens apimtį (≥90 cm vyrų ir ≥80 cm moterų) ar KMI ≥25 ir ≤30 kg/m ² , 30–50 m. amžiaus	HIIT (n=14), JT (n=12), KT (n=15), MP (n=16) grupės. Trukmė 12 sav., 3 k./sav. HIIT grupė: 4 k. 4 min. intervalai 85–95 % maks. ŠSD su 65 % maks. ŠSD intervalais. JT: 30–40 min. JT, 6 pratimai, 12–15 pakartojimų. KT: HIIT ir JT. MP: sveikos mitybos principai, energijos suvartojimas sumažintas 5–10 %.	Riebalinė masė -3,0 %; liemens riebalinė masė -2,0 kg; juosmens apimtis -4,39 cm; BChol -0,43445 mmol/l; TSD +2,7 %, maks. VO ₂ +8,3 ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ ; sumažintas MetS z balas (d=0,468).
J. S. Ramos ir kt., 2016 [20]	Australija	66 asmenys, turintys MetS, iš jų 39 nesergantys ir 27 sergantys 2 tipo CD, amžiaus vid. ~57 m.	MICT (n=21), 4HIIT (n=22) ir 1HIIT (n=23) grupės. Trukmė 16 sav. 4HIIT: 4 k. 4 min. intervalai palaikant 85–95 % maks. ŠSD ir 3 min. 50–70 % maks. ŠSD, 3 k./sav. 1HIIT: vienas 4 min. intervalas palaikant 85–95 % maks. ŠSD, 3 k./sav. MICT: 30 min. treniruotė palaikant 60–70 % maks. ŠSD, 5 k./sav.	4HIIT (be 2 tipo CD): proinsulinas -32 %; proinsulinas/insulinas -26 %; proinsulinas/C-peptidas -32 %; HOMA-IR -14 %; insulino sekrecija (HOMA-B) -11 %. 4HIIT: maks. VO ₂ +15 %. 1HIIT: maks. VO ₂ +8 %; sistolinis AKS -7 %; diastolinis -4 %; juosmens apimtis -3 %; DTL-chol +11 %. 8 tiriamieji (7 iš HIIT) po 16 sav. treniruočių nebeatitiko MetS kriterijų.
S. Sun ir kt., 2019 [21]	Kinija	42 moterys, turinčios antsvorį, 19–25 m. amžiaus	SIT (n=16), HIIT (n=16), MICT (n=16) grupės. Trukmė 12 sav., 3 k./sav. SIT: 80 k. 6 sek. sprinto ir 9 sek. poilsio intervalai. HIIT: 9 k. 4 min. 90 % maks. VO ₂ ir 3 min. poilsio. MICT: 61 min. palaikant 60 % maks. VO ₂ .	SIT: kūno masė -3,3±2,3 kg (-4,9 %); KMI -1,3±0,9 kg·m ⁻² ; maks. VO ₂ +7,8±3,1 ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹ (+25,1 %); jautrumas insulinui +26 %. HIIT: kūno masė -3,9±3,0 kg (-5,6 %); KMI -1,5±1,1 kg·m ⁻² ; maks. VO ₂ +8,4 ± 4,1 ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹ (+26,7 %); jautrumas insulinui +39 %.
W. K. Abdelbas-set ir kt., 2020 [16]	Saudo Arabija	7 asmenys, turintys 2 tipo CD, nealkoholnės suriebalėjimo, nutukimą, 40–60 m. amžiaus	HII (n=16), MIC (n=15), kontrolinė (n=16) grupės. Trukmė 8 sav., 3 k./sav. MIC grupė: 40–50 min., palaikant 60–70 % maks. ŠSD. HII grupė: 3 k. 4 min. intervalai palaikant 80–85 % maks. VO ₂ intensyvumą, tarp jų 2 min. 50 % maks. VO ₂ intensyvumu.	IHTG -2,3 %; KMI -2,2 kg/m ² ; visceraliniai riebalai -18,1 cm ² ; BChol -0,386 mmol/l; MTL-chol -0,15 mmol/l; DTL-chol +0,0543 mmol/l; TG -0,23 mmol/l; ALT -4,1 IU/l; HbA1c -0,4 %; HOMA-IR -0,8.

Paaiškinimai: n – tiriamųjų skaičius, HIA – didelio intensyvumo aerobinės treniruotės (angl. *high-impact aerobics*), LIAS – mažo intensyvumo aerobinės ir jėgos treniruotės (angl. *low-impact aerobics combined with a strength training*), ŠSD – širdies susitraukimų dažnis, TG – triglicerolių koncentracija, BChol – bendrojo cholesterolio koncentracija, DTL-chol – didelio tankio lipoproteinų cholesterolio koncentracija, MTL-chol – mažo tankio lipoproteinų cholesterolio koncentracija, IHTG – intrahepatinių triglicerolių koncentracija, KMI – kūno masės indeksas, SGN – sutrikusi gliukozės koncentracija nevalgius, GTS – gliukozės toleravimo sutrikimas, CD – cukrinis diabetas, GN – gliukozės koncentracija nevalgius, GTT – gliukozės toleravimo testas, AT – aerobinės treniruotės,

JT – jėgos treniruotės, AHA – Amerikos širdies asociacija (angl. *American Heart Association*), AUC – plotas po kreive (angl. *area under the curve*), TSD – tėkmės sąlygota dilatacija, PBG – pulsinės bangos greitis, AKS – arterinis kraujo spaudimas, MetS – metabolinis sindromas, HIIT – didelio intensyvumo intervalinės treniruotės (angl. *high intensity interval training*), JT – jėgos treniruotės, KT – kombinuotos treniruotės, MP – mitybos pokyčiai, F-HIIT – funkcinės didelio intensyvumo intervalinės treniruotės, LMTL – labai mažo tankio lipoproteinai, MAP – vidurinis arterinis spaudimas, IL-6 – interleukinas 6, ALT – alanino aminotransferazė, HVCRT – didelio intensyvumo jėgos treniruotė rato principu (angl. *high-velocity circuit resistance training*)

Summary

EFFECTIVENESS OF DIFFERENT TYPES OF PHYSICAL TRAINING ON INDIVIDUALS WITH INCREASED CARDIOMETABOLIC RISK: LITERATURE REVIEW

Jūratė Vertelytė, Jūratė Zupkauskienė

Background. Individuals with increased cardiometabolic risk benefit from regular physical training. During various physical trainings, different protocols are applied, trainings differ in duration, intensity, and exercises performed, which may affect cardiometabolic risk indicators differently.

Objective. The purpose of this study was to review the most commonly described types of physical training, their effectiveness in individuals with increased cardiometabolic risk.

Methods. Literature from specialized information search system PubMed. A total of 37 publications in English of the last six years were included in the literature review.

Results. According to the analyzed publications aerobic, strength, combined training and high-intensity interval training reduce body weight, body mass index, body fat mass, waist circumference, have a positive effect on lipid and glucose metabolism, hemodynamic and blood vessels parameters. Strength and combined training helps to maintain or increase body muscle mass. Usually, longer training programs and higher intensity training lead to more significant changes in cardiometabolic risk indicators. High-intensity interval training may reduce cardiometabolic risk despite its short duration. The effectiveness of physical training depends not only on the type, duration or intensity of training, but also on the existing cardiometabolic disorder. For example, the effectiveness of strength training is greater in individuals with morbid obesity than in individuals with obesity of degree I or II. It is also observed that high-intensity interval training tends to be more effective for individuals with prediabetes, compared to type 2 diabetes patients.

Conclusions. Aerobic, strength, combined training and high-intensity interval training are effective in reducing body weight, fat mass, improving glucose and lipid metabolism, hemodynamic and blood vessels parameters. Effectiveness depends on the type of training, duration, intensity of exercise and cardiometabolic disorder.

Keywords: cardiometabolic risk, physical training, obesity, diabetes, metabolic syndrome.

LITERATŪRA

1. World Health Organization 2020. WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Geneva: World Health Organization; 2020.
2. Keating SE, Johnson NA, Mielke GI, Coombes JS. A systematic review and meta-analysis of interval training versus moderate-intensity continuous training on body adiposity. *Obes Rev* 2017; 18: 943–64.
3. World Health Organization. Overweight and obesity report fact sheet.
4. World Health Organization. The Global Diabetes Compact what you need to know 2021.
5. Kanaley JA, Colberg SR, Corcoran MH, Malin SK, Rodriguez NR, Crespo CJ, et al. Exercise/Physical Activity in Individuals with Type 2 Diabetes: A Consensus Statement from the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc* 2022; 54: 353–68.
6. Zhou B, Benthall J, Di Cesare M, Bixby H, Danaei G, Cowan MJ, et al. Worldwide trends in blood pressure from 1975 to 2015: a pooled analysis of 1479 population-based measurement studies with 19.1 million participants. *Lancet* 2017; 389: 37–55.
7. Després J-P, Lemieux I, Bergeron J, Pibarot P, Mathieu P, Larose E, et al. Abdominal obesity and the metabolic syndrome: contribution to global cardiometabolic risk. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2008; 28: 1039–49.
8. American Diabetes Association. 4. Lifestyle Management: Standards of Medical Care in Diabetes—2018. *Diabetes Care* 2017; 41: S38–S50.
9. Ramírez-Vélez R, Castro-Astudillo K, Correa-Bautista JE, González-Ruiz K, Izquierdo M, García-Hermoso A, et al. The Effect of 12 Weeks of Different Exercise Training Modalities or Nutritional Guidance on Cardiometabolic Risk Factors, Vascular Parameters, and Physical Fitness in Overweight Adults: Cardiometabolic High-Intensity Interval Training-Resistance Training Randomized Controlled Study. *J Strength Cond Res* 2020; 34: 2178–88.
10. Cocks M, Shaw CS, Shepherd SO, Fisher JP, Ranasinghe A, Barker TA, et al. Sprint interval and moderate-intensity continuous training have equal benefits on aerobic capacity, insulin sensitivity, muscle capillarisation and endothelial eNOS/NAD(P)H oxidase protein ratio in obese men. *J Physiol* 2016; 594: 2307–21.
11. Ramos JS, Dalleck LC, Borrani F, Beetham KS, Wallen MP, Mallard AR, et al. Low-Volume High-Intensity Interval Training Is Sufficient to Ameliorate the Severity of Metabolic Syndrome. *Metab Syndr Relat Disord* 2017; 15: 319–28.
12. Clark T, Morey R, Jones MD, Marcos L, Ristov M, Ram A, et al. High-intensity interval training for reducing blood pressure: a randomized trial vs. moderate-intensity continuous training in males with overweight or obesity. *Hypertens Res* 2020; 43: 396–403.
13. Park W, Jung W-S, Hong K, Kim Y-Y, Kim S-W, Park H-Y.

- Effects of Moderate Combined Resistance- and Aerobic-Exercise for 12 Weeks on Body Composition, Cardiometabolic Risk Factors, Blood Pressure, Arterial Stiffness, and Physical Functions, among Obese Older Men: A Pilot Study. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17: E7233.
14. Patel H, Alkhawam H, Madanieh R, Shah N, Kosmas CE, Vittorio TJ. Aerobic vs anaerobic exercise training effects on the cardiovascular system. *World J Cardiol* 2017; 9: 134–8.
15. Scott SN, Shepherd SO, Hopkins N, Dawson EA, Strauss JA, Wright DJ, et al. Home-hit improves muscle capillarisation and eNOS/NAD(P)H oxidase protein ratio in obese individuals with elevated cardiovascular disease risk. *Physiol J* 2019; 597: 4203–25.
16. Abdelbasset WK, Tantawy SA, Kamel DM, Alqahtani BA, Elnegamy TE, Soliman GS, et al. Effects of high-intensity interval and moderate-intensity continuous aerobic exercise on diabetic obese patients with nonalcoholic fatty liver disease: A comparative randomized controlled trial. *Medicine* 2020; 99: e19471.
17. Lee D, Sui X, Artero EG, Lee I-M, Church TS, McAuley PA, et al. Long-Term Effects of Changes in Cardiorespiratory Fitness and Body Mass Index on All-Cause and Cardiovascular Disease Mortality in Men: The Aerobics Center Longitudinal Study. *Circulation* 2011; 124: 2483–90.
18. Chiu C-H, Ko M-C, Wu L-S, Yeh D-P, Kan N-W, Lee P-F, et al. Benefits of different intensity of aerobic exercise in modulating body composition among obese young adults: a pilot randomized controlled trial. *Health Qual Life Outcomes* 2017; 15: 168.
19. Said M, Lamya N, Olfa N, Hamda M. Effects of high-impact aerobics vs. low-impact aerobics and strength training in overweight and obese women. *J Sports Med Phys Fitness* 2017; 57: 278–88.
20. Ramos JS, Dalleck LC, Borrani F, Mallard AR, Clark B, Keating SE, et al. The effect of different volumes of high-intensity interval training on proinsulin in participants with the metabolic syndrome: a randomised trial. *Diabetologia* 2016; 59: 2308–20.
21. Sun S, Zhang H, Kong Z, Shi Q, Tong TK, Nie J. Twelve weeks of low volume sprint interval training improves cardio-metabolic health outcomes in overweight females. *J Sports Sci* 2019; 37: 1257–64.
22. Berge J, Hjelmsaeth J, Hertel JK, Gjevestad E, Småstuen MC, Johnson LK, et al. Effect of Aerobic Exercise Intensity on Energy Expenditure and Weight Loss in Severe Obesity-A Randomized Controlled Trial. *Obesity (Silver Spring)* 2021; 29: 359–69.
23. Swift DL, Nevels TR, Solar CA, Brophy PM, McGee JE, Brewer SB, et al. The Effect of Aerobic Training and Increasing Nonexercise Physical Activity on Cardiometabolic Risk Factors. *Med Sci Sports Exerc* 2021; 53: 2152–63.
24. Swift DL, Houmard JA, Slentz CA, Kraus WE. Effects of aerobic training with and without weight loss on insulin sensitivity and lipids. *PLoS One* 2018; 13: e0196637.
25. Ranasinghe C, Devage S, Constantine GR, Katulanda P, Hills AP, King NA. Glycemic and cardiometabolic effects of exercise in South Asian Sri Lankans with type 2 diabetes mellitus: A randomized controlled trial Sri Lanka diabetes aerobic and resistance training study (SL-DARTS). *Diabetes Metab Syndr* 2021; 15: 77–85.
26. Rafiei H, Robinson E, Barry J, Jung ME, Little JP. Short-term exercise training reduces glycaemic variability and lowers circulating endothelial microparticles in overweight and obese women at elevated risk of type 2 diabetes. *Eur J Sport Sci* 2019; 19: 1140–9.
27. Liu L, Ma X, Xu H, Ruan S, Yuan X. Comparing the effects of 12 months aerobic exercise and resistance training on glucose metabolism among prediabetes phenotype: A explorative randomized controlled trial. *Prim Care Diabetes* 2021; 15: 340–6.
28. Wróbel M, Rokicka D, Czuba M, Gołaś A, Pyka Ł, Greif M, et al. Aerobic as well as resistance exercises are good for patients with type 1 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract* 2018; 144: 93–101.
29. Roberson KB, Potiaumpai M, Widdowson K, Jaghab A-M, Chowdhari S, Armitage C, et al. Effects of high-velocity circuit resistance and treadmill training on cardiometabolic risk, blood markers, and quality of life in older adults. *Appl Physiol Nutr Metab* 2018; 43: 822–32.
30. Fedewa MV, Hathaway ED, Higgins S, Forehand RL, Schmidt MD, Evans EM. Moderate, but not vigorous, intensity exercise training reduces C-reactive protein. *Acta Cardiol* 2018; 73: 283–90.
31. Mora-Rodriguez R, Fernandez-Elias VE, Morales-Palomero F, Pallares JG, Ramirez-Jimenez M, Ortega JF. Aerobic interval training reduces vascular resistances during submaximal exercise in obese metabolic syndrome individuals. *Eur J Appl Physiol* 2017; 117: 2065–73.
32. Azadpour N, Tartibian B, Koşar ŞN. Effects of aerobic exercise training on ACE and ADRB2 gene expression, plasma angiotensin II level, and flow-mediated dilation: a study on obese postmenopausal women with prehypertension. *Menopause* 2017; 24: 269–77.
33. 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *Eur Heart J* 2021; 42(1): 17–96.
34. Delgado-Floody P, Álvarez C, Lusa Cadore E, Flores-Opazo M, Caamaño-Navarrete F, Izquierdo M. Preventing metabolic syndrome in morbid obesity with resistance training: Reporting interindividual variability. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2019; 29: 1368–81.
35. Kolahdouzi S, Baghdadam M, Kani-Golzar FA, Saeidi A, Jabbour G, Ayadi A, et al. Progressive circuit resistance training improves inflammatory biomarkers and insulin resistance in obese men. *Physiol Behav* 2019; 205: 15–21.
36. Dai X, Zhai L, Chen Q, Miller JD, Lu L, Hsue C, et al. Two-year-supervised resistance training prevented diabetes incidence in people with prediabetes: A randomised control trial. *Diabetes Metab. Res Rev* 2019; 35: e3143.

37. Yuan X, Dai X, Liu L, Hsue C, Miller JD, Fang Z, et al. Comparing the effects of 6 months aerobic exercise and resistance training on metabolic control and β -cell function in Chinese patients with prediabetes: A multicenter randomized controlled trial. *J Diabetes* 2020; 12: 25–37.
38. Bittel AJ, Bittel DC, Mittendorfer B, Patterson BW, Okunade AL, Yoshino J, et al. A single bout of resistance exercise improves postprandial lipid metabolism in overweight/obese men with prediabetes. *Diabetologia* 2020; 63: 611–23.
39. Marín-Pagán C, Blazeovich AJ, Chung LH, Romero-Arenas S, Freitas TT, Alcaraz PE. Acute Physiological Responses to High-Intensity Resistance Circuit Training vs. Traditional Strength Training in Soccer Players. *Biology (Basel)* 2020; 9: 383.
40. Álvarez C, Ramírez-Vélez R, Ramírez-Campillo R, Ito S, Celis-Morales C, García-Hermoso A, et al. Interindividual responses to different exercise stimuli among insulin-resistant women. *Scand J Med Sci Sports* 2018; 28: 2052–65.
41. Kim S-W, Jung W-S, Park W, Park H-Y. Twelve Weeks of Combined Resistance and Aerobic Exercise Improves Cardiometabolic Biomarkers and Enhances Red Blood Cell Hemorheological Function in Obese Older Men: A Randomized Controlled Trial. *Int J Environ Res Public Health* 2019; 16: E5020.
42. Álvarez C, Ramírez-Vélez R, Ramírez-Campillo R, Lucia A, Alonso-Martinez AM, Faúndez H, et al. Improvements cardiometabolic risk factors in Latin American Amerindians (the Mapuche) with concurrent training. *Scand J Med Sci Sports* 2019; 29: 886–96.
43. Fealy CE, Nieuwoudt S, Foucher JA, Scelsi AR, Malin SK, Pagadala M, et al. Functional high-intensity exercise training ameliorates insulin resistance and cardiometabolic risk factors in type 2 diabetes. *Exp Physiol* 2018; 103: 985–94.
44. Rowan CP, Riddell MC, Gledhill N, Jamnik VK. Aerobic Exercise Training Modalities and Prediabetes Risk Reduction. *Med Sci Sports Exerc* 2017; 49: 403–12.
45. Phoemsapthawee J, Sriton B. Combined exercise training improves blood pressure at rest and during exercise in young obese prehypertensive men. *J Sports Med Phys Fitness* 2021; 61: 468–79.
46. Matsui M, Yoshikawa T, Mizushima R, Tanahashi K, Myoenzono K, Tanaka K, et al. Association between duration of excessive weight and arterial stiffness in middle-aged and older adults. *Clin Exp Hypertens* 2020; 42: 213–7.
47. Valencia-Hernández CA, Lindbohm JV, Shipley MJ, Wilkinson IB, McEniery CM, Ahmadi-Abhari S, et al. Aortic Pulse Wave Velocity as Adjunct Risk Marker for Assessing Cardiovascular Disease Risk: Prospective Study. *Hypertension* 2022; 79: 836–43.
48. Gillen JB, Martin BJ, MacInnis MJ, Skelly LE, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. Twelve Weeks of Sprint Interval Training Improves Indices of Cardiometabolic Health Similar to Traditional Endurance Training despite a Five-Fold Lower Exercise Volume and Time Commitment. *PLoS One* 2016; 11: e0154075.
49. Higgins S, Fedewa MV, Hathaway ED, Schmidt MD, Evans EM. Sprint interval and moderate-intensity cycling training differentially affect adiposity and aerobic capacity in overweight young-adult women. *Appl Physiol Nutr Metab* 2016; 41: 1177–83.
50. De Strijcker D, Lapauw B, Ouwens DM, Van de Velde D, Hansen D, Petrovic M, et al. High intensity interval training is associated with greater impact on physical fitness, insulin sensitivity and muscle mitochondrial content in males with overweight/obesity, as opposed to continuous endurance training: a randomized controlled trial. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2018; 18: 215–26.