

# Akutni učinci tjelovježbe na razinu irizina u serumu

---

Rebić, Zvonimir

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:459939>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-15**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

(studij za stjecanje akademskog naziva:  
magistar kineziologije u edukaciji  
i kondicijska priprema sportaša)

**Zvonimir Rebić**

**AKUTNI UČINCI TJELOVJEŽBE NA RAZINU  
IRIZINA U SERUMU**

diplomski rad

**Mentor:**

**izv.prof.dr.sc. Marija Rakovac**

Zagreb, rujan, 2022.

Ovim potpisom se potvrđuje da je ovo završna verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ovo tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

---

izv.prof.dr.sc. Marija Rakovac, dr.med.

Student:

---

Zvonimir Rebić

## *Zahvala*

Zahvale upućujem profesorima Kineziološkog fakulteta za prenošenje neophodnih stručnih znanja i vještina.

Posebne zahvale upućujem svojoj mentorici izv.prof.dr.sc. Mariji Rakovac, na njenom strpljenju, usmjeravanju i pomoći pri izradi ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem se svojoj užoj i široj obitelji, na njihovoj podršci i pomoći kroz sve godine svojeg obrazovanja.

Na kraju bih se posebno zahvalio Ivani, na njenoj neprekidnoj i bezuvjetnoj ljubavi te na njenoj pomoći pri uređivanju ovog rada.

## AKUTNI UTJECAJ TJELOVJEŽBE NA RAZINU IRIZINA U SERUMU

### Sažetak

Riječ miokin potječe od grčkih riječi *mio* (mišić) i *kinesis* (pokret), a odnosi se na citokine koji se izlučuju iz mišićnih stanica tijekom tjelovježbe. Cilj rada je pregled znanstvenih radova citiranih u bazama podataka Web of Science i Scopus u kojima je proveden neki oblik tjelovježbe i mjerena razina irizina prije i poslije tjelovježbe. Pretragom je pronađeno 195 radova, od kojih je 38 zadovoljilo kriterije te su uključeni u završnu analizu. Pregledom radova utvrđen je pozitivan utjecaj protokola izdržljivosti na razinu irizina u serumu, s naglaskom da viši intenziteti mogu izazvati veći porast irizina u serumu. Kada je riječ o maksimalnim naporima, moguć je privremeni pad razine irizina u serumu. Premalo je radova koji su proveli trening s otporom ili koristili neki sport kao protokol. U budućim istraživanjima potreban je veći broj istraživanja na ženskim ispitanicama, kao i veći broj istraživanja koja bi utvrdila akutni utjecaj treninga s otporom i sportskih igara na razinu irizina u serumu.

**Ključne riječi:** miokini, izdržljivost, trening s otporom, intenzitet vježbanja

## **ACUTE EFFECTS OF EXERCISE ON SERUM LEVEL OF IRISIN**

### **Abstract**

Word myokine is derived from two greek words; *mio* (muscle) and *kinesis* (movement) and refers to cytokines released from myocytes during exercise. The aim of this thesis was to review the scientific articles cited in Web of Science and Scopus databases which implemented any form of exercise and measured serum irisin before and after exercise. Initial search yielded 195 articles, of which 38 were eligible for review and were included in the final analysis. Upon reviewing the articles, it can be concluded that endurance protocols increase serum level of irisin, while higher intensities can produce higher elevation in serum level of irisin. Maximal intensity of exercise can temporarily reduce serum level of irisin. There are too few articles that implemented resistance training or sport as a protocol. Future studies should include more female participants, as well as more studies that would determine acute effects of resistance training and playing sports on serum levels of irisin.

**KEY WORDS:** myokines, endurance, resistance training, intensity of exercise

## Sadržaj

<b>1. Uvod</b> .....	1
1.1 Dosad poznati miokini i njihove funkcije.....	1
1.2 Funkcije irizina.....	2
1.3 Irizin u kontekstu pretilosti.....	3
<b>2. Cilj rada</b> .....	5
<b>3. Metode rada</b> .....	6
<b>4. Rezultati</b> .....	7
<b>5. Rasprava</b> .....	39
5.1 Akutni utjecaj treninga izdržljivosti na razinu irizina u serumu .....	40
5.2 Akutni utjecaji treninga s otporom na razinu irizina u serumu .....	44
5.3 Akutni učinci različitih sportova na razinu irizina u serumu.....	44
5.4 Akutni utjecaj tjelovježbe na razinu irizina u serumu u životinjskim modelima .....	46
<b>6. Zaključak</b> .....	48
<b>7. Literatura</b> .....	49

## 1. Uvod

Riječ miokin dolazi od dviju grčkih riječi: *mio* (mišić) i *kinesis* (pokret). Miokini su citokini koji se stvaraju u mišićnim stanicama prilikom mišićnih kontrakcija te se otpuštaju u krvotok vršeći autokrine, endokrine i parakrine funkcije (Severinsens i Pedersen, 2020). Tako miokini omogućuju komunikaciju između mišića i ostalih organskih sustava, čineći time poveznicu između tjelesnog vježbanja i tjelovježbe s jedne, i zdravlja organskih sustava s druge strane (Pedersen i Febbraio, 2012).

### 1.1 Dosad poznati miokini i njihove funkcije

Jedan od prvih miokina u ljudi otkriven je u ranom 21. stoljeću kada je dokazano kako tjelovježba utječe na sintezu interleukina-6 (IL-6), za koji je dokazano da se stvara i izlučuje iz mišića tijekom vježbanja (MacDonald, Wojtaszewski, Pedersen, Kiens i Richter, 2003; Febbraio, Hiscock, Sacchetti, Fischer i Pedersen, 2004) te da ima utjecaj na homeostazu glukoze tijekom tjelovježbe, uzrokuje translokaciju proteina GLUT-4 na membranu stanice i ima protuupalne učinke (Pedersen, 2007).

Otada su otkriveni mnogi miokini s raznim djelovanjima u ljudskom tijelu, od kojih ćemo neke kratko opisati.

Dekorin je miokin za kojeg je dokazano da se izlučuje tijekom treninga s otporom (Kanzleiter i sur., 2014), i koji ima svojstva antagonistička miostatinu (Miura i sur., 2005). Miostatin je miokin koji ima funkciju reguliranja mišićnog rasta (Carnac, Ricaud, Vernus i Bonnieu 2006). Vežanjem na miostatin, dekorin omogućava povećanje mišićne mase kao posljedicu treninga s otporom. Ovo je klinički bitan učinak, s obzirom na važnost ukupne mišićne mase i jakosti stiska šake u aktivnostima svakodnevnog života (Taekema, Gussekloo, Maier, Westendorp i de Craen, 2010; Wang, Yao, Zirek, Reijnierse i Maier, 2020).

SPARC (*engl.* Secreted protein acidic and rich in cysteine) je miokin za kojeg je dokazano da se stvara i izlučuje u ljudi prilikom aerobnog vježbanja umjerenog intenziteta (tj., 70% maksimalnog primitka kisika) (Aoi i sur., 2012). U istom istraživanju, Aoi i suradnici (2012) su pokazali kako SPARC može inhibirati genezu tumora potičući apoptozu maligno promijenjenih stanica.



VEGF (*engl.* Vascular Endothelial Growth Factor) je miokin i faktor rasta bitan u angiogenezi (stvaranju novih krvnih žila i kapilara) u skeletnim mišićima i u srcu (Wagner, 2011). Ovaj proces osigurava veću površinu za izmjenu plinova između kapilara i mišića, povećavajući arterio-vensku razliku, i time, vršni primitak kisika. Dokazano je da samo jedan trening povećava razinu mRNA VEGF-a u netreniranih ljudi (Richardson i sur., 1999). U skladu s time, pokazalo se kako trenirani muškarci i žene imaju više kapilara po kvadratnom milimetru mišića (u lateralnom dijelu kvadricepsa), kao i više kapilara oko svakog mišićnog vlakna (Brodal, Ingjer i Hermansen, 1977; Ingjer i Brodal, 1978).

## 1.2 Funkcije irizina

Boström i suradnici (2012) prvi put su pokazali kako aktivacija koaktivatora 1-alfa gama receptora aktiviranog peroksisomskim proliferatorom uzrokuje stvaranje i otpuštanje miokina irizina u krvotok miševa. Irizin djeluje parakrino na mnoge organske sustave u tijelu, a neke njegove funkcije će biti detaljnije opisane.

Masti se u ljudskom tijelu skupljaju u dva oblika: kao bijelo i smeđe masno tkivo (*engl.* White adipose tissue (WAT) i Brown adipose tissue (BAT), redom), s međusobno antagonističkim funkcijama (Saely, Geiger i Drexel, 2012). Glavna razlika između njih je sljedeća: WAT služi kao skladište energije (u obliku triglicerida), dok BAT služi za proizvodnju topline te, u skladu s tim, BAT ima puno više mitohondrija (Saely, Geiger i Drexel, 2012). Boström i sur. (2012) su dokazali kako administracija irizina *in vitro* i *in vivo* (u miševa) povećava termogenezu i potrošnju energije, djelomice kroz pretvorbu bijelog u smeđe masno tkivo. Na taj bi način irizin mogao utjecati na regulaciju tjelesne mase i postotak tjelesne masti, bitne prediktore nastanka raznih bolesti i stanja. Također je zanimljivo kako je irizin u ljudi i miševa 100% identičan, dok je ta sličnost za inzulin 85%, a za glukagon 90% (Boström i sur., 2012).

U *in vivo* istraživanju Huh i suradnika (2014) dokazano je kako miociti izloženi irizinu povećavaju unos glukoze i masnih kiselina. Također, u istom istraživanju je dokazano kako irizin uzrokuje povećanu ekspresiju gena koji kodiraju za transporter glukoze GLUT4 (Huh i sur., 2014). U sličnom istraživanju Lee i suradnici (2015) su pokazali kako miociti štakora izloženi irizinu povećavaju unos glukoze, kroz translokaciju transportera glukoze GLUT4 na

membranu stanica. GLUT4 jedan je od najbitnijih transportera glukoze, te se njegova razina povećava kao posljedica tjeleovježbe (Richter i Hargreaves, 2013).

Veliki broj istraživanja i preglednih radova dokumentira pozitivne utjecaje tjeleovježbe, posebice treninga izdržljivosti, na izvršne funkcije, veličinu hipokampusa i neuroplastičnost (Colcombe i Kramer, 2003; Hillman, Erickson i Kramer, 2008; Donnelly i sur., 2016). Takvi učinci tjeleovježbe nastaju djelomice pod utjecajem neurotrofina, posebice BDNF-a (*engl.* Brain-Derived Neurotrophic Factor) (Phillips, Baktir, Srivatsan i Salehi, 2014). Wrann i suradnici (2013) pokazuju kako postoji poveznica između lučenja irizina i BDNF-a u hipokampusu miševa nakon 30 dana tjeleovježbe, zaključivši kako transkripcijski koaktivator PGC-1 alfa dovodi do ekspresije gena BDNF u hipokampusu.

Irizin ima ulogu u cijeljenju kostiju, te su tako Serbest, Tiftikci, Tosun i Kisa (2017) pokazali kako je razina irizina u serumu 15 dana i 60 dana nakon operacije prijeloma tibije ili femura značajno veća nego prije operacije ili jedan dan nakon operacije. Zhu i suradnici (2021) su pokazali kako su miševi kojima su izbrisani geni za ekspresiju irizina u osteoblastima imali značajno manju mineralnu gustoću kostiju, iako ekspresija irizina nije bila značajno manja u ostalim tkivima. Colaianni i suradnici (2017) su pokazali kako ubrizgavanje irizina u miševe, kojima su stražnje noge bile u suspenziji, sprječava gubitak mineralne gustoće kostiju. Ova istraživanja ukazuju na moguće terapijske učinke irizina na kosti.

### 1.3 Irizin u kontekstu pretilosti

S obzirom na sve veću prevalenciju pretilosti u svijetu, koja sada iznosi 13% svjetske populacije starije od 18 godina (WHO, 2021), potrebno je utvrditi odgovarajuće terapijske alate u borbi protiv pretilosti. Paralelno s porastom prekomjerne tjelesne težine i pretilosti, porasla je i prevalencija tjelesne neaktivnosti, odnosno sjedilačkog načina života, te bi se više od 5 milijuna smrti godišnje moglo spriječiti kada bi ljudi koji nisu dovoljno tjelesno aktivni postali dovoljno aktivni (Kohl i sur., 2012). Booth, Roberts i Laye (2012) u svom opsežnom preglednom radu ukazuju kako tjelesna neaktivnost utječe na 35 bolesti, poput povišenog krvnog tlaka, koronarne bolesti srca, šećerne bolesti tipa 2, osteoporoze, anksioznih i depresivnih poremećaja i mnogih drugih.

U metaanalizi literature, Jia i suradnici (2019) su utvrdili kako ljudi s pretilošću imaju značajno veću razinu irizina u serumu u odnosu na kontrolnu skupinu normalne tjelesne mase. Taj je učinak bio veći za pretilu djecu u odnosu na pretile odrasle ljude (Jia i sur., 2019).

U skladu s gore navedenim, metaanaliza Qiua i suradnika (2016) pokazala je kako postoji slaba, ali značajna negativna povezanost između razine irizina u serumu i osjetljivosti na inzulin. Perakakis i suradnici (2017) navode kako „hiperirizinemija“ (tj., otpornost na irizin) može biti mehanizam otpora, kojim organizam nastoji održati homeostazu glukoze u stanjima šećerne bolesti tipa 2 i pretilosti.

## **2. Cilj rada**

U dostupnoj literaturi nema radova koji objedinjuju akutne učinke tjeleovježbe na razinu irizina u serumu. U skladu s tim, cilj rada je pregled i sistematska analiza znanstvenih radova citiranih u znanstvenim bazama Web of Science i Scopus koji su istraživali akutni učinak bilo koje vrste tjeleovježbe na razinu irizina u serumu, u ljudi ili životinja.

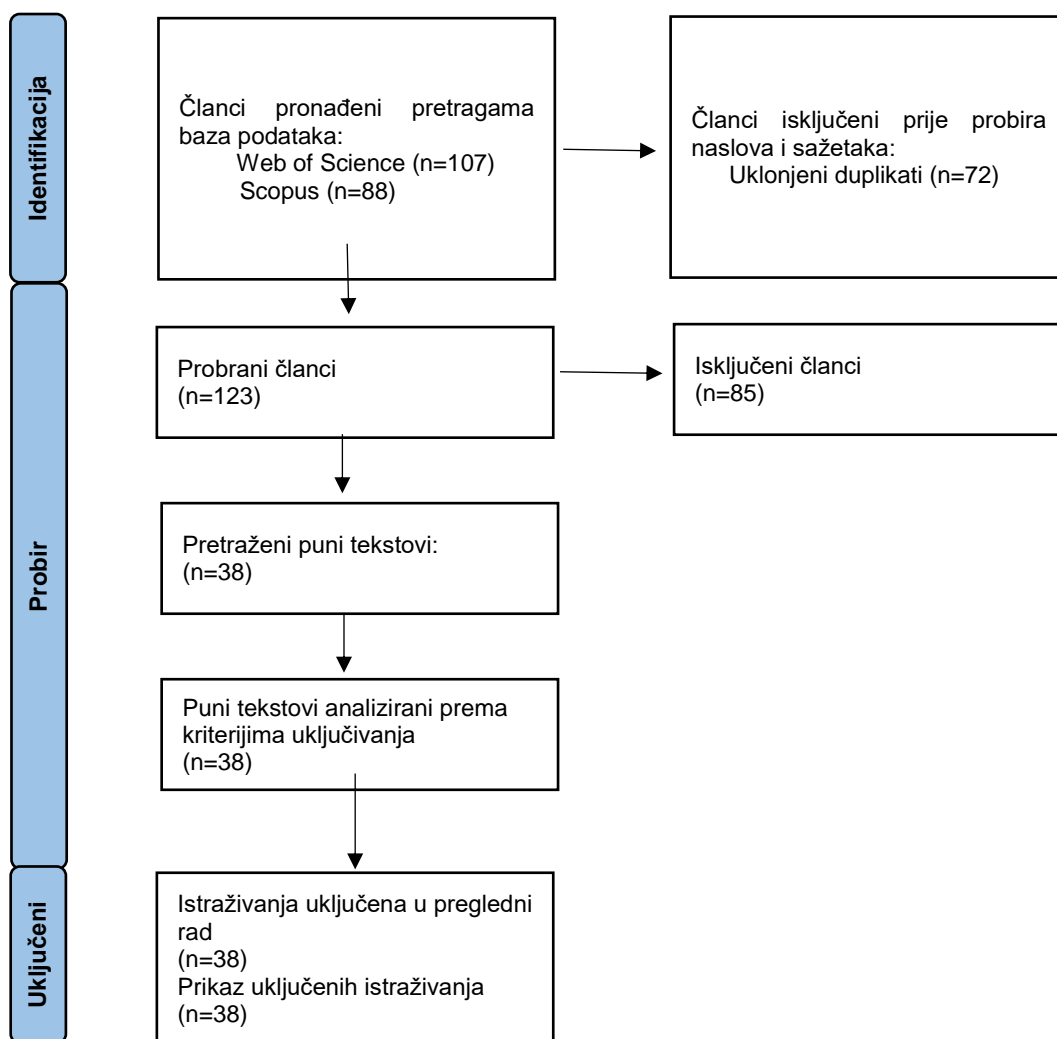
### **3. Metode rada**

U svrhu pronalaska znanstvenih istraživanja koja su proučavala akutan učinak tjeleovježbe na razinu irizina u serumu pretražene su dvije baze podataka: Web of Science i Scopus. Pretraga je provedena dana 23.1.2022. godine. Preglednim radom željelo se utvrditi utjecaj tjeleovježbe bilo kojeg oblika i trajanja na razinu irizina u serumu, u ljudi ili životinja. Korištene su ključne riječi; „irisin“ i „acute exercise“. Od početnog broja radova isključeni su duplikati, odnosno radovi pronađeni u obje baze podataka.

Kriterij uključivanja u završnu analizu bio je da se radi o znanstvenom istraživanju objavljenom na engleskom jeziku, u kojem je proveden bilo koji akutni oblik tjeleovježbe, te da je razina irizina u serumu mjerena prije i poslije tjeleovježbe. U analizu su uključeni radovi provedeni u ljudi i životinja. U izradi rada korištene su PRISMA 2020 smjernice za sistematske preglede literature (Page i sur., 2021).

#### 4. Rezultati

Pretraživanjem baza podataka Web of Science i Scopus korištenjem ključnih riječi „acute exercise“ i „irisin“ pronađeno je sveukupno 195 članaka, 107 u bazi Web of Science i 88 u bazi Scopus. Najprije su uklonjeni duplikati, odnosno radovi pronađeni u obje baze, kojih je bilo 72. Nakon analize sažetaka preostala 123 članka, isključeno je 85 članaka jer nisu zadovoljavali kriterije uključivanja (pregledni, a ne eksperimentalni članci, članci koji prikazuju rezultate istraživanja koja nisu provela nekakav oblik akutne tjelovježbe i istraživanja u kojima nije mjerena razina irizina u serumu prije i poslije tjelovježbe). Ukupno 38 radova zadovoljilo je kriterije istraživanja (Qui i sur., 2018; Arikan, 2018; Kabak, Belviranli i Okudan., 2018; Huh, Mougios, Skraparlis, Kabasakalis i Mantzoros, 2014; Brenmoehl i sur., 2014; Tsuchiya, Ando, Takamtsu i Goto, 2015; Blizzard LeBlanc i sur., 2017; Tsai i sur., 2021; Samy, Ismail i Nassra, 2015; Norheim i sur., 2014; Wiecek, Szymura, Maciejczyk, Kantorowicz i Szygula, 2018; Löffler i sur., 2015; Tsuchiya i sur., 2014; Czarkowska-Paczek, Zendzian-Piotrowska, Gala, Sobol i Paczek, 2014; Pang i sur., 2018; Archundia-Herrera i sur., 2017; Algul, Ozdenk i Ozcelik, 2017; Quinn, Anderson, Conner i Wolden-Hanson, 2015; Zügel i sur., 2016; Comassi i sur., 2015; Huh i sur., 2014; Briken i sur., 2016; Reycraft i sur., 2020; Bilski i sur., 2020; Ozbay, Ulupinar, Sebin i Altinkaynak, 2020; Daskalopoulou i sur., 2014; Szumilewicz i sur., 2019; Ozcelik, Algul i Yilmaz, 2018; Jürimäe, Vaiksaar, Purge i Tillmann, 2021; Jürimäe, Purge i Tillmann, 2021; Farrash i sur., 2021; He i sur., 2019; He i sur., 2018; Bizjak i sur., 2021; Pradas, Cadiz, Nestares, Martinez-Diaz i Carrasco, 2021; Marcucci-Barbosa i sur; 2020; Dündar, 2019; Moienneia i Hosseini, 2016) te su uključeni u završnu analizu. Dijagram pretrage literature prikazan je na Slici 1.



Slika 1. Dijagram toka pretrage baza podataka Web of Science i Scopus prema PRISMA 2020 smjernicama (prema; <http://www.prisma-statement.org/>)

U Tablici 1 prikazani su radovi kojima je cilj bio utvrditi akutni utjecaj tjeleovježbe na razinu irizina u serumu u ljudi. U Tablici 2 prikazani su radovi kojima je cilj bio utvrditi akutni utjecaj tjeleovježbe na razinu irizina u serumu u životinjskim modelima. Prikazani su prvi autor, godina izdavanja te država u kojoj je istraživanje provođeno. Zatim su prikazani cilj i dizajn istraživanja, uzorak i karakteristike ispitanika, karakteristike tjeleovježbe, mjerene varijable te rezultati i zaključak istraživanja.

*Tablica 1. Pregled i karakteristike istraživanja kojima je cilj bio utvrditi akutni utjecaj tjeleovježbe na razinu irizina u serumu u ljudi*



Autor, godina izdavanja, država	Cilj i dizajn istraživanja	Uzorak i karakteristike ispitanika	Karakteristike tjelovježbe	Mjerene varijable	Rezultati istraživanja	Zaključak istraživanja
1. Qiu i suradnici, 2018., Kina	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj različitih modaliteta tjelovježbe i razine fitnesa na razinu irizina u serumu.</p> <p>Randomizirano cross-over istraživanje.</p>	<p>1) 8 treniranih muškaraca (prosječna dob 27,4 godine, <math>VO_{2max}</math> 67ml/min/kg, ITM 22) i 8 netreniranih muškaraca (prosječna dob 24,7 godina, <math>VO_{2max}</math> 37ml/min/kg, ITM 22).</p> <p>2) 8 muškaraca (prosječna dob 27,4 godine) i 9 žena (prosječna dob 26,3 godine).</p>	<p>1) nakon 10 minuta zagrijavanja na 60% <math>VO_{2max}</math> na bicikl-ergometru, ispitanici su odradili akutnu tjelovježbu na 80% <math>VO_{2max}</math> u trajanju od 50 minuta</p> <p>2) ispitanici su u razmaku od 7 dana napravili maksimalni test opterećenja na biciklu i pokretnom sagu.</p> <p>Nakon 5 minuta zagrijavanja na nagibu od 1,5% i brzini 5km/h, test je krenuo na 5,8 km/h, te se brzina povećavala za 1,44km/h svake 3 minute, s konstantnim nagibom.</p> <p>Na bicikl-ergometru, zagrijavanje je trajalo 3 minute na 90 okretaja u minuti na 25W (žene) i 40W (muškarci) te se otpor povećavao svake 3</p>	<p>1) uzorci venske krvi prikupljeni su prije, 10m minuta nakon i 180 minuta nakon akutne tjelovježbe radi mjerenja razine irizina u serumu</p> <p>2) uzorci venske krvi prikupljeni su prije, odmah nakon i 60 minuta nakon akutne tjelovježbe.</p>	<p>1) razina irizina u serumu se značajno povećala i u treniranih i netreniranih ljudi 10 minuta nakon tjelovježbe, no nakon 180 minuta vratila se na početnu razinu. Nije ustanovljena razlika u razini irizina u serumu nakon tjelovježbe s obzirom na razinu fitnesa.</p> <p>2) iako je vrijeme do otkaza bilo značajno veće na bicikl-ergometru u odnosu na trčanje (25min vs. 18,5min), u obje skupine zabilježeni su isti HRmax, RPE i laktati u krvi po završetku testa. Irizin u serumu se povećao kod obje grupe po završetku tjelovježbe, i ostao je povišen 10 minuta nakon trčanja, no pao je na početnu razinu 10 minuta nakon bicikl-ergometra.</p>	<p>Pokazano je kako trenažni status ne utječe na razinu irizina u serumu nakon tjelovježbe, no modalitet vježbanja utječe.</p>

			minute za 25W .		Nakon 60 minuta, u obje skupine irizin se vratio na početnu razinu. U skladu s time, trčanje je uzrokovalo veći ukupni porast irizina tijekom vježbanja i oporavka od 60 minuta.	
2. Arian, 2018., Turska	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj akutne tjelovježbe (trening taek-wan-doa) na razinu irizina u serumu s obzirom na spol.</p> <p>Nerandomizirano kontrolirano istraživanje.</p>	7 elitnih muških (prosječna dob 19 godina, normalni ITM) i 6 elitnih ženskih (prosječna dob 20 godina, normalan ITM) taek-wan-doaša turske reprezentacije sudjelovalo je u istraživanju.	Akutna tjelovježba sastojala se od treninga taek-wan-doa u trajanju od 120 minuta, koji je uključivao zagrijavanje, rad na tehnici i međusobne borbe.	Uzorci venske krvi uzeti su ujutro natašte prije tjelovježbe i odmah nakon tjelovježbe.	Trening taek-wan-doa nije imao utjecaja na razinu irizina u serumu, neovisno o spolu ispitanika. Zapažen je neznajni pad irizina u serumu u žena.	Ovakav oblik tjelovježbe nije utjecao na razinu irizina u serumu, možda zbog trajanja i intenziteta same tjelovježbe, kao i modaliteta provedbe tjelovježbe.
3. Kabak i sur., 2018., Turska	<p>Cilj istraživanja bio je usporediti razinu irizina u serumu nakon akutnog visoko-intenzivnog intervalnog treninga u muških kick-boxera i sjedilačke kontrolne skupine.</p> <p>Nerandomizirano kontrolirano istraživanje.</p>	10 muških kick-boxera (prosječna dob 20g, normalan ITM, 13% masne mase, treniraju kick-boxing 4 puta tjedno u prosjeku po 2 sata) i 10 sjedilačkih muškaraca (prosječna dob 20 godina, normalan ITM, 15% masne mase).	Akutna se tjelovježba, provedena 2 sata nakon doručka, sastojala od 4 intervala od 30 sekundi maksimalnog pedaliranja na bicikl-ergometru (tj. Wingate test) s odmorom od 4 minute između intervala.	<p>Uzorci venske krvi uzeti su prije, odmah nakon tjelovježbe te nakon 3h i nakon 6h odmora.</p> <p>Analizirane su razine irizina i miostatina prije i poslije tjelovježbe.</p>	<p>Početna razina irizina bila je veća kod kick-boxera u odnosu na sjedilačku kontrolnu skupinu.</p> <p>Zabilježen je značajni pad irizina u serumu odmah po završetku tjelovježbe u obje skupine (koji je bio veći kod kick-boxera).</p> <p>Nakon 3h i 6h po završetku tjelovježbe irizin se</p>	Ovo istraživanje pokazalo je kako ovakav oblik tjelovježbe smanjuje razinu irizina, a povećava razinu miostatina u serumu, neovisno o trenajnom statusu.

					povećao u skupini kick-boxera (na nižu razinu od početne razine), dok je u sjedilačkoj kontrolnoj skupini ostao isti kao i na kraju tjelovježbe.	
4. Huh i sur., 2014., Grčka	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj tzv. „Whole Body Vibration“ (WBV) tjelovježbe na razinu irizina u serumu nakon jednog treninga i nakon 6 tjedana po 2 treninga tjedno.</p> <p>Nerandomizirano kontrolirano istraživanje.</p>	14 netreniranih žena (prosječna dob 24 godine, normalan ITM).	<p>Tjelovježba se sastojala od 7 izometričkih vježbi; čučanj s fleksijom koljena od 120 stupnjeva, čučanj s fleksijom koljena od 100 stupnjeva, jednonožni čučanj s fleksijom koljena od 120 stupnjeva, čučanj s širokim stavom s fleksijom u koljenima od 100 stupnjeva, pregib i opružanje podlaktice, te upor stražnji na laktovima.</p> <p>Frekvencija je iznosila 16 hZ, amplituda 2,5mm, dok je cijeli trening trajao 11 minuta. Varijable su se progresivno povećavale kroz period od 6 tjedana.</p>	Uzorci venske krvi prikupljeni su prije i netom po završetku WBV treninga, te po završetku posljednjeg treninga nakon 6 tjedana tjelovježbe, kako bi se utvrdila razina irizina prije i poslije jednog treninga i perioda od 6 tjedana.	<p>Po završetku treninga razina laktata u krvi iznosila je 5mmol/L, što ukazuje na umjereni intenzitet ovakve tjelovježbe.</p> <p>Akutna tjelovježba (1. trening) povećala je razinu irizina u serumu za 9,5%, značajno u odnosu na početnu razinu. U skladu s tim, po završetku posljednjeg treninga, razina irizina se povećala za 18% u odnosu na početnu razinu (prije prvog treninga).</p> <p>S druge strane, kronično vježbanje od 6 tjedana nije uzrokovalo rast irizina u serumu.</p>	Ovakav oblik tjelovježbe uzrokuje akutni rast irizina u serumu. Jedno od mogućih objašnjenja je to da ovakvo vježbanje slično drhtanju uslijed izlaganja hladnoći, koje uzrokuje rast irizina u serumu. Buduća istraživanja trebala bi istražiti utjecaj ovakvog oblika tjelovježbe u muškaraca.

<p>5. Tsuchiya i sur., 2015., Japan</p>	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi razliku u razini irizina u serumu između različitih oblika tjelovježbe istog trajanja.</p> <p>Randomizirano cross-over istraživanje.</p>	<p>10 tjelesno aktivnih muškaraca (prosječna dob 23 godine, normalan ITM). Svi ispitanici su imali iskustvo tjelesnog vježbanja te su tijekom provedbe istraživanja bili tjelesno aktivni.</p>	<p>Provedene su tri vrste treninga; trening s otporom, trening izdržljivosti i kombinirani trening s otporom i trening izdržljivosti.</p> <p>Trening s otporom sastojao se od 8 vježbi za mišiće cijelog tijela, s 3-4 serije po vježbi, te 12 ponavljanja po seriji. Odmor između serija i vježbi trajao je 2 minute.</p> <p>Trening izdržljivosti se sastojao od 60 minuta pedaliranja na bicikl-ergometru na 65% <math>VO_{2max}</math> (60 okretaja u minuti).</p> <p>Kombinirani trening sastojao se od 4 vježbe treninga s otporom (više-zglobne vježbe) i 30 minuta istog treninga izdržljivosti kao gore navedeno. Ispitanici su imali 20 minuta odmora nakon treninga s otporom.</p>	<p>Uzorci venske krvi uzeti su prije treninga, odmah nakon, 30min nakon te 1,2,3,4 i 6h nakon tjelovježbe.</p>	<p>Nije bilo značajnih razlika u razini irizina u serumu između grupa prije početka tjelovježbe.</p> <p>Niti jedan od tri oblika tjelovježbe nije uzrokovao rast irizina u serumu odmah po završetku tjelovježbe. Jedina značajna razlika između grupa bila je 1h nakon tjelovježbe, kad je grupa koja je radila samo trening s otporom imala značajno veću razinu irizina u serumu u odnosu na početnu razinu.</p> <p>Površina ispod krivulje u periodu od 6h nakon tjelovježbe bila je značajno veća u grupi koja je radila trening s otporom u odnosu na kombiniranu grupu, ali ne u odnosu na grupu koja je radila samo trening izdržljivosti.</p>	<p>Kada je vrijeme trajanja tjelovježbe izjednačeno, trening s otporom izaziva veći ukupni porast irizina u serumu u periodu nakon tjelovježbe u odnosu na trening izdržljivosti i kombinirani trening, iako nema značajnih razlika između grupa u periodu odmah nakon tjelovježbe.</p>
---	---	--	---	--	--	---

<p>6. Blizzard LeBlanc i sur., 2017., Kanada</p>	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi akutni utjecaj tjelovježbe nakon a) aerobnog vježbanja i b) treninga s otporom.</p> <p>Nerandomizirano cross-over istraživanje.</p>	<p>11 mladih ljudi, 6M i 5F (prosječna dob 15,7 godina, u 95. percentilu po ITM-u, postotak masne mase 39%).</p>	<p>Tjelovježba se sastojala od dva dijela, aerobnog i treninga s otporom.</p> <p>Aerobni trening odrađen je na bicikl-ergometru, pri intenzitetu od 60% srčane rezerve, u trajanju od 45 minuta.</p> <p>Trening s otporom započeo je zagrijavanjem od 5 minuta na bicikl-ergometru. Potom ispitanici su odradili 5 vježbi za mišiće cijelog tijela, po 4 serije po vježbi s 12-15 ponavljanja po seriji, s 60 sekundi odmora između serija i vježbi.</p>	<p>Uzorci venske krvi uzeti su netom prije, odmah nakon, te 15, 30 i 45min nakon tjelovježbe.</p>	<p>Aerobni trening značajno je povećao irizin u serumu za 60% u odnosu na početnu razinu.</p> <p>Trening s otporom nije uzrokovao značajno povećanje irizina u serumu, iako je povećanje bilo 25% u odnosu na početnu razinu.</p>	<p>Akutna tjelovježba povećava irizin u serumu u ovoj populaciji, te je dio metaboličkih promjena povezan s povećanjem irizina u serumu.</p>
<p>7. Tsai i sur., 2021., Tajvan</p>	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj visoko-intenzivnog intervalnog treninga (VIIT) i kontinuiranog vježbanja umjerenim intenzitetom (MICE) na razinu irizina u serumu.</p> <p>Randomizirano cross-over istraživanje.</p>	<p>21 (10M i 11F) ljudi (prosječne dobi 60 godina, normalnog krvnog tlaka i ITM-a).</p>	<p>Eksperimentalni protokol se sastojao od 3 intervencije; VIIT, MICE i kontrolna skupina (REST).</p> <p>VIIT trening je odrađen na bicikl-ergometru u trajanju od 30 minuta. Zagrijavanje je trajalo 4 minute, nakon čega su</p>	<p>Uzorak venske krvi uzet je netom prije i odmah nakon svih triju intervencija. Svi ispitanici izvršili su sve tri intervencije.</p>	<p>VIIT protokol značajno je povećao razinu irizina u serumu u odnosu na početnu razinu.</p> <p>MICE protokol nije značajno povećao razinu irizina u serumu u odnosu na početnu razinu, iako je <i>p</i> bio blizu</p>	<p>S obzirom na to da VIIT uzrokuje veći udarni volumen i minutni volumen srca, intenzitet VIIT treninga relativno je veći od MICE treninga, što može objasniti rezultate ovog istraživanja.</p>

			<p>ispitanici odradili 8 intervala u trajanju od 1 minute (intenzitet rada bio je 70-75% srčane rezerve) s 2 minute aktivne pauze.</p> <p>MICE se sastojao od 4 minute zagrijavanja, te nakon toga 24 minute vježbanja umjerenim intenzitetom (50-55% srčane rezerve)</p> <p>U REST intervenciji, ispitanici su mirno sjedili 35 minuta.</p>		<p>značajnosti (<math>p=,076</math>).</p> <p>U REST skupini nije zabilježen rast ili pad irizina u serumu u odnosu na početnu razinu.</p>	
8. Norheim i sur., 2014., Norveška	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj tjelevoježbe na razinu irizina u serumu u ljudi normalne tjelesne mase i povećane tjelesne mase s predijabetesom.</p> <p>Nerandomizirano kontrolirano istraživanje.</p>	<p>U istraživanju je sudjelovalo 26 muških ispitanika, koji su bili podijeljeni s obzirom na ITM i na toleranciju na glukozu (natašte ili nakon testa tolerancije na glukozu) u grupu predijabetičara (N=13) i kontrolnu zdravu grupu (N=13).</p>	<p>Tjelovježbeni protokol se sastojao od bicikliranja na bicikl-ergometru u trajanju od 45 minuta pri intenzitetu od 70% maksimalnog primitka kisika.</p> <p>Potom je proveden tjelovježbeni program u trajanju od 12 tjedana, koji se sastojao od 4 treninga tjedno. Dva treninga bila su odrađena na bicikl-</p>	<p>Uzorci venske krvi uzeti su netom prije, odmah po završetku i 2 sata nakon završetka tjelovježbe.</p> <p>Postupak je napravljen prije i poslije 12 tjedana kombiniranog treninga izdržljivosti i treninga s otporom.</p>	<p>Razina irizina u serumu bila je značajno veća u predijabetičnoj skupini u odnosu na kontrolnu skupinu, i prije i poslije tjelovježbenog prorama.</p> <p>Tjelovježba je uzrokovala statistički značajan rast irizina u serumu u kontrolnoj skupini u odnosu na razinu prije tjelovježbe, i prije i poslije tjelovježbe-</p>	<p>Usprkos visokom intenzitetu i trajanju tjelevoježbe, ovaj protokol nije uzrokovao značajan rast irizina u serumu u predijabetičnoj skupini.</p> <p>Moguće objašnjenje za to leži u činjenici da je predijabetična skupina imala veću početnu razinu irizina u serumu u odnosu na kontrolnu skupinu.</p>

			ergometru (u trajanju od 60 minuta), a druga dva su bila treninzi s otporom za cijelo tijelo (u trajanju od 60 minuta).  Po završetku programa opet je odrađen protokol na biciklu opisan gore.		nog programa.  U predijabetičnoj skupini, tjelovježba je također uzrokovala rast irizina u serumu, ali ta promjena nije bila statistički značajna, i prije i poslije tjelovježbenog programa.	
9. Wiecek i sur., 2018., Poljska	Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj jednog supramaksimalnog sprinta na bicikl-ergometru na razinu irizina u serumu.  Nerandomizirano kontrolirano istraživanje.	10 muškaraca (prosječna dob 21 godina, normalni indeks tjelesne mase) i 10 žena (prosječna dob 22 godine, normalni indeks tjelesne mase).  Obje skupine činile su prilično aktivne osobe, iako nisu sudjelovale niti u jednom sportu. Svi su ispitanici bili nepušači.	Tjelovježba se sastojala od 4 minute zagrijavanja, nakon čega su ispitanici imali odmor od 4 minute.  Po isteku odmora, ispitanici su odradili supramaksimalni sprint u trajanju od 20 sekundi, uz podršku provoditelja. Otpor je bio konstantan tijekom 20 sekundi, i iznosio je 5,8kg za muškarce i 3,88kg za žene. Cilj je bio održati maksimalni mogući broj okretaja u minuti u 20 sekundi sprinta.	Uzorci venske krvi uzeti su netom prije tjelovježbe, tri minute nakon, te 15, 30 i 60 minuta nakon te nakon 24h radi utvrđivanja razine irizina u serumu.	U muškaraca, razina irizina u serumu nije se promijenila značajno uslijed tjelovježbe, niti u jednoj od 5 točki nakon tjelovježbe.  U žena, tjelovježba nije povećala irizin odmah po završetku tjelovježbe. No, nakon 15, 30 i 60 minuta, razina irizina je bila značajno veća nego početna razina. U 24 sata nakon tjelovježbe, razina irizina se vratila na početnu razinu.	Ovakav oblik tjelovježbe povećao je irizin samo u žena. Mogući razlozi za to uključuju prekratko vrijeme trajanja tjelovježbe i mogući učinak spola na promjene razine irizina u serumu uslijed tjelovježbe.

<p>10. Löffler i sur., 2015., Njemačka</p>	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj različitih oblika tjelovježbe na razinu irizina u serumu u 1) djece i 2) adolescenata.</p> <p>Nerandomizirano kontrolirano istraživanje.</p>	<p>Prvu skupinu činila su djeca (14 godina u prosjeku), podijeljena u dvije skupine: 11M i 8F vitki i 2M i 8F pretili.</p> <p>Drugu skupinu činilo je 14 vitkih (7M i 7F) normalnog indeksa tjelesne mase (prosječne dobi 24 godine) i 14 pretilih (7M i 7F) indeksa tjelesne mase 38 (prosječne dobi 25 godina).</p>	<p>Prva skupina djece odradila je spiroergometriju na bicikl-ergometru u trajanju od 15 minuta.</p> <p>Druga skupina odradila je 30 minuta tjelovježbe koja se sastojala od 10 minuta trčanja, 10 minuta gimnastike i 10 minuta sprintanja.</p>	<p>Uzorci venske krvi uzeti su netom prije i odmah po završetku tjelovježbe.</p>	<p>U prvoj skupini zabilježen je značajan rast irizina u serumu po završetku tjelovježbe.</p> <p>U drugoj skupini zabilježen je statistički značajan rast irizina u serumu po završetku tjelovježbe.</p>	<p>Akutna tjelovježba povećava razinu irizina u serumu i u M i u F, dok kronično vježbanje ne povećava razinu irizina u serumu.</p>
<p>11. Tsuchiya i sur., 2014., Japan</p>	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi razinu irizina u serumu nakon dva protokola tjelovježbe različitih intenziteta slične kalorijske potrošnje.</p> <p>Randomizirano cross-over istraživanje.</p>	<p>6 muškaraca (prosječna dob 22,5 godina, normalni ITM) koji nisu sudjelovali u tjelovježbenim aktivnostima 6 mjeseci prije istraživanja.</p>	<p>Dva tjelovježbena protokola provedena su na pokretnom sagu.</p> <p>U prvom protokolu ispitanici su trčali intenzitetom od 40% <math>VO_{2max}</math> 40 minuta (Low intensity exercise; LIE).</p> <p>U drugom protokolu ispitanici su trčali intenzitetom 80% <math>VO_{2max}</math> 20 minuta (High intensity exercise; HIE).</p> <p>Oba protokola provedena su</p>	<p>Uzorci venske krvi uzeti su netom prije, odmah nakon, i 3, 6, i 19h nakon tjelovježbe.</p>	<p>Nije bilo statistički značajne razlike u potrošnji kalorija između dva tjelovježbena protokola.</p> <p>Početna razina irizina bila je značajno veća u LIE nego u HIE.</p> <p>U obje skupine zabilježen je pad irizina u serumu po završetku tjelovježbe, koji je bio značajan u LIE skupini, dok u HIE nije.</p> <p>U LIE skupini 3h nakon</p>	<p>U izjednačenim uvjetima kalorijske potrošnje, oba protokola uzrokuju pad irizina u serumu. Rezultati istraživanja mogu se pripisati malom broju ispitanika (N=6).</p>



			u isto vrijeme dana, na dva različita dana.		<p>tjelovježbe, irizin je bio značajno veći nego odmah po završetku tjelovježbe i bio je značajno veći nego u HIE skupini. Također, 6h nakon tjelovježbe, irizin je i dalje bio značajno veći u LIE skupini nego u HIE skupini.</p> <p>19h nakon tjelovježbe nije bilo značajnih razlika između grupa u razini irizina u serumu.</p>	
12. Archundia-Herrera i sur., 2017., Meksiko	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj aerobnog vježbanja umjerenog intenziteta i visoko-intenzivnog intervalnog treninga (VIIT) na razinu irizina u serumu adolescentnih djevojaka.</p> <p>Randomizirano kontrolirano istraživanje.</p>	<p>30 djevojaka randomizirano je u dvije skupine; aerobno vježbanje (AE) ili visoko-intenzivni intervalni trening (VIIT).</p> <p>AE skupina je u prosjeku imala 15,5 godina s ITM-om od 32, normalnim krvnim tlakom i <math>VO_{2max}</math> od 27ml/min/kg</p> <p>VIIT skupina u prosjeku je imala 16 godina, s ITM-om od 31, normalnim krvnim tlakom i <math>VO_{2max}</math> od 28ml/min/kg</p>	<p>AE protokol se sastojao od 5 minuta zagrijavanja na bicikl-ergometru, nakon čega su ispitanice pedalirale na 65% maksimalne srčane frekvencije 40 minuta.</p> <p>VIIT protokol se sastojao od 5 minuta zagrijavanja na bicikl-ergometru, nakon čega su ispitanice radile intervale rada u trajanju od 1 minute, na intenzitetu od 85% do 95% maksimalne srčane frekvencije, s</p>	<p>Uzorci venske krvi uzeti su natašte netom prije tjelovježbe te 30 minuta po završetku tjelovježbe.</p> <p>Uzeti su uzorci mišića m. vastus lateralis-a. Prvi uzorak uzet je dva dana prije tjelovježbe, a drugi je uzet 30 minuta po završetku tjelovježbe.</p>	<p>Po završetku tjelovježbe, nije bilo značajnih razlika unutar i između grupa u razini irizina u serumu.</p> <p>VIIT trening uzrokovao je značajni rast irizina u m. vastus lateralis, dok je AE trening uzrokovao neznajni rast irizina u mišiću m. vastus lateralis.</p>	Zaključno, viši intenziteti rada su možda potrebni kako bi došlo do rasta irizina u mišićima, dok nijedan od protokola nije uzrokovao rast irizina u serumu.

			1 minutom odmora na niskom intenzitetu.			
13. Algul i sur., 2017., Turska	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaje akutne tjelovježbe na razinu irizina u serumu s obzirom na vrijeme u danu i trenažni status subjekata.</p> <p>Cross-over istraživanje.</p>	<p>60 mladih muškaraca podijeljenih u dvije skupine;</p> <p>30 treniranih muškaraca (prosječne dobi 19 godina, normalan ITM), koji su imali barem 5 godina iskustva rekreativnog nogometa te su se i u trenutku provedbe istraživanja bavili nogometom, minimalno 3 puta tjedno.</p> <p>30 netreniranih muškaraca (prosječne dobi 19 godina, normalan ITM) koji su imali manje od 1h tjelovježbe tjedno u zadnjih godinu dana.</p>	<p>Tjelovježba se sastojala od trčanja na otvorenom na intenzitetu od 64-76% maksimalne srčane frekvencije.</p> <p>Ispitanici su tjelovježbeni protokol proveli dva puta; jednom ujutro, između 8 i 10 sati, i navečer, između 20 i 22 sata.</p>	Uzorci venske krvi uzeti su netom prije i odmah po završetku tjelovježbe.	<p>Početne razine irizina bile su značajno veće u treniranoj u odnosu na netreniranu skupinu, i ujutro i navečer.</p> <p>Tjelovježba je uzrokovala značajan rast irizina u serumu u obje grupe, i ujutro i navečer.</p>	<p>Značajno veća početna razina irizina u serumu u treniranih ispitanika upućuje da tjelesno vježbanje može povećati bazičnu razinu irizina u serumu.</p> <p>Tjelovježbeni protokol u ovom istraživanju bio je visokog intenziteta, i proveden je kroz trčanje, te je time povećao razinu irizina u serumu u obje grupe, neovisno o vremenu provedbe tjelovježbe.</p>
14. Zügel i sur., 2016., Njemačka	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj spola, postotka tjelesne masti na razinu irizina u serumu.</p> <p>Nerandomizirano kontrolirano istraživanje.</p>	<p>16 vitkih ljudi (9F, prosječne dobi 26,3 godine, normalni ITM i 7M prosječne dobi 25,8 godina, normalni ITM) i 12 morbidno pretilih ljudi (7F, 52,8 godina i 5M, prosječne</p>	<p>Vitki ispitanici su bili podvrgnuti maksimalnom inkrementalnom testu opterećenja na bicikl-ergometru.</p> <p>Pretili ispitanici napravili su modificirani test</p>	Uzorci venske krvi uzeti su netom prije i odmah po završetku tjelovježbe, te, dodatno u vitkih osoba, 10 i 60 minuta nakon završetka tjelovježbe.	<p>Nije bilo razlike u početnim razinama irizina između muškaraca i žena unutar skupina.</p> <p>Početna razina irizina u serumu bila je veća u pretilih ispitanica u</p>	<p>Veće početne razine irizina u serumu u pretilih ispitanika možda imaju veze s drugačijim metaboličkim miljeom u pretilih ljudi.</p> <p>Značajno povećanje irizina u</p>

		dobi, 54,2 godine).	opterećenja na pokretnom sagu, koji je uzrokovao maksimalni umor nakon 10 minuta.		odnosu na vitke ispitanike.  Tjelovježba je značajno povećala razinu irizina u serumu u vitkih žena, dok u vitkih muškaraca ta razlika nije bila značajna.  U pretilih ispitanika tjelovježba nije uzrokovala rast irizina u serumu, ni u žena niti u muškaraca.	serumu u vitkih žena u odnosu na muškarce možda ima veze s estrogenom ili estradiolom.
15. Comassi i sur., 2015., Italija	Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj vrlo zahtjevnih utrka na upalne citokine u tijelu, uključujući i irizin.  Nerandomizirano kontrolirano istraživanje.	Ispitanici su bili muškarci koji su sudjelovali u Ironman (IR) utrci (n=14) i Half Ironman (HIR) utrci (n=13).	IR se sastoji od 3,8km plivanja, 180km bicikliranja i 42,197m (maraton) trčanja. HIR se sastoji od polovice navedenog, u istom redosljedu.  Prosječno vrijeme za završetak IR bio je 12:48+/- 1:14h, a za HIR 6:14+/- 0:37h.	Uzorci venske krvi uzeti su dan prije same utrke, te unutar 15min nakon završetka utrke.	Početna razina irizina bila je viša u IR grupi u odnosu na HIR grupu.  HIR je uzrokovao značajan rast irizina u serumu u odnosu na početnu razinu.  IR je uzrokovao blagi rast irizina u serumu, no to povećanje nije bilo statistički značajno.	Ovakve utrke izazivaju snažne upalne procese u tijelu, te je vrlo teško na temelju ovakvih utrka donositi zaključke koje se tiču opće populacije.
16. Huh i sur., 2014., Grčka	Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj tjelovježbe na razinu irizina u serumu s obzirom na dob i razinu	Istraživanje 1;  U prvom istraživanju 78 muškaraca podijeljeno je u dvije skupine s obzirom na dob i razinu	Istraživanje 1;  U prvom istraživanju tjelovježba se sastojala do 45min trčanja na intenzitetu od 70-75% VO <sub>2max</sub> , nakon	Istraživanje 1;  Uzorci venske krvi uzeti su netom prije, te odmah po završetku tjelovježbe.  Istraživanje 2;	Istraživanje 1;  Tjelovježbeni protokol uzrokovao je značajan rast irizina u serumu u cijelom uzorku, no	Intenzivni oblici tjelovježbe provedeni u ovom istraživanju su bili dovoljni da uzrokuju značajan rast irizina u

<p>fitnesa ispitanika.</p> <p>Nerandomizirano kontrolirano istraživanje.</p>	<p>fitnesa. Mladu skupinu činilo je 38 ispitanika (prosječna dob 27 godina, normalni ITM), dok je 40 ljudi činilo stariju skupinu (prosječna dob 68 godina, ITM 26).</p> <p>Ista ta skupina od 78 muškaraca bila je podijeljena po razini fitnesa, gdje je u mladoj skupini odsječna točka bila 45ml/min/kg, a u starijoj 35ml/min/kg.</p> <p>Tjelesno aktivna skupina sastojala se od 38 ispitanika prosječne dobi 48 godina, normalni ITM i <math>VO_{2max}</math> 45ml/min/kg</p> <p>Tjelesno neaktivna skupina sastojala se od 40 ispitanika prosječne dobi 47 godina, blago povišenog ITM-a i <math>VO_{2max}</math> 27ml/min/kg</p> <p>Istraživanje 2;</p>	<p>čega je odmah slijedilo trčanje na 90% <math>VO_{2max}</math> do otkaza.</p> <p>Istraživanje 2;</p> <p>U drugom istraživanju ispitanici su odradili dva tjelovježbena protokola, na različite dane s tjedan dana između njih.</p> <p>Prvi se sastojao od 2000m kontinuiranog plivanja, a drugi od 6 maksimalnih sprinteva od 50m svakih 5 minuta.</p>	<p>Uzorci venske krvi uzeti su netom prije, odmah po završetku te 1 i 24h nakon tjelovježbenih protokola.</p>	<p>nije pronađen značajan učinak dobi ili razine fitnesa.</p> <p>Istraživanje 2;</p> <p>Kontinuirano plivanje nije uzrokovalo značajan rast irizina u serumu.</p> <p>Plivanje u sprinterskim intervalima uzrokovalo je značajan rast irizina u serumu, te je to povećanje bilo veće u muških nego ženskih ispitanika.</p>	<p>serumu, neovisno o dobi ili razini fitnesa ispitanika.</p>
--	--	--	---	---	---

		U drugom istraživanju sudjelovali su mladi plivači (15F i 15M, prosječne dobi 15 godina, normalni ITM)				
17. Briken i sur., 2016., Njemačka	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj akutne tjelovježbe na razinu irizina u serumu pacijenata s multiplom sklerozom (MS).</p> <p>Randomizirano kontrolirano istraživanje.</p>	Ispitanici su bili pacijenti s progresivnom MS. Ukupno je bilo 42 ispitanika (prosječna dob 50 god) od kojih je bilo 17 muškaraca i 25 žena.	<p>Tjelovježbeni protokol proveden je na bicikl-ergometru, u obliku maksimalnog testa opterećenja. Početni otpor postavljen je na 25W te se povećavao za 12,5W/min.</p> <p>U 14 ispitanika je radi lakše provedbe inicijalni otpor bio 8W, te je povećanje bilo 8W/min.</p>	Uzorci venske krvi uzeti su netom prije, odmah po završetku i 30 min nakon tjelovježbe.	Tjelovježba je uzrokovala neznatno rast irizina u serumu u odnosu na početnu razinu.	U ovoj skupini nije pokazan akutni rast irizina u serumu nakon tjelovježbene intervencije, bilo radi niskog intenziteta ili radi karakteristika ispitanika.
18. Reycraft i sur., 2019., Kanada	<p>Utvrđiti utjecaj tjelovježbe na razinu irizina u serumu kao mogućeg modulatora ekspresije BDNF-a.</p> <p>Cross-over istraživanje.</p>	8 mladih muškaraca sudjelovalo je u ovom istraživanju (prosječne dobi 23 god, normalni ITM i $VO_{2max}$ 51ml/min/kg).	<p>Protokol se sastojao od 4 intervencije, koje su se provodile na 4 različita dana s minimalno 7 dana između intervencija.</p> <p>Prva intervencija je bila kontrolna, u kojoj su ispitanici mirno sjedili.</p> <p>Druga intervencija bila je trčanje umjerenog intenziteta na 65% maksimalnog primitka kisika</p>	Uzorci venske krvi uzeti su netom prije, te 5 minuta nakon završetka tjelovježbenih protokola.	<p>Nije bilo razlike u početnim razinama irizina između skupina.</p> <p>Nije bilo značajnih razlika irizina u serumu po završetku sve 4 intervencije u odnosu na početne razine.</p>	Usprkos visokim intenzitetima, niti jedan tjeovježbeni protokol nije uzrokovao rast irizina u serumu u odnosu na početnu razinu. Moguće je da je ovo istraživanje imalo premali broj ispitanika da bi se utvrdila razlika u irizinu na završetku tjelovježbe.

			<p>u trajanju od 30 minuta.</p> <p>Treća intervencija bila je trčanje žustrog intenziteta na 85% maksimalnog primitka kisika u trajanju od 30 minuta.</p> <p>Četvrta intervencija bila je sprinterski intervalni trening, koji se sastojao od 4 intervala po 30 sekundi maksimalnog trčanja, s 4 minute pasivne pauze između serija.</p>			
19. Bilski i sur., 2020., Poljska	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj jednog maksimalnog sprinta na bicikl-ergometru na razinu irizina u serumu.</p> <p>Cross-over istraživanje.</p>	U istraživanju je sudjelovalo 26 muških vatrogasaca (prosječne dobi 28,7 godina, blago povišenog ITM-a, nepušači).	Ispitanici su odradili dva ista trenažna protokola (Wingate test) na bicikl-ergometru u trajanju od 30 sekundi na dva različita dana.	Uzorci venske krvi uzeti 30 minuta prije tjelovježbe i odmah po završetku tjelovježbe.	<p>Prije tjelovježbe nije bilo značajnih razlika u razinama irizina na dva različita dana.</p> <p>Tjelovježba je značajno povećala razinu irizina u serumu u oba dana, bez značajnih razlika između skupina.</p>	Ovakav oblik tjelovježbe, koji uključuje maksimalni intenzitet napora, uzrokuje značajan rast irizina u serumu.

<p>20. Ozbay i sur., 2020., Turska</p>	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj aerobne tjeleži u toplom i hladnom ambijentu na razinu irizina u serumu.</p> <p>Nerandomizirano kontrolirano istraživanje.</p>	<p>32 muškarca sudjelovala su u ovom istraživanju, a bili su podijeljeni u dvije grupe od 16 ispitanika. Jedna grupa provela je tjeleži na otvorenom, a druga u zatvorenom.</p> <p>Prva grupa imala je u prosjeku 22,6 godina, normalan ITM i postotak tjelesne masti od 9%.</p> <p>Druga grupa imala je u prosjeku 21,25 godina, normalan ITM i postotak tjelesne masti od 9%.</p>	<p>Tjeleži se sastojala od trčanja na intenzitetu od 65%-70% maksimalne frekvencije srca.</p> <p>Prva grupa vježbala je na otvorenom tijekom zime, na temperaturi od -5 do 5°C, dok je druga grupa vježbala u zatvorenom na temperaturi od 21 do 25°C.</p>	<p>Uzorci venske krvi uzeti su netom prije te odmah po završetku tjeleži.</p>	<p>Nije bilo statistički značajnih razlika između grupa u razini irizina u serumu prije tjeleži.</p> <p>Tjeleži je značajno povećala irizin u serumu u obje skupine, bez značajnih razlika između skupina.</p>	<p>Tjeleži ovog intenziteta, neovisno o ambijentalnoj temperaturi, povećava razinu irizina u serumu.</p>
<p>21. Daskalopoulou i sur., 2014., SAD</p>	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj tjeleži različitih intenziteta na razinu irizina u serumu.</p> <p>Cross-over istraživanje.</p>	<p>Istraživanje se sastojalo od pilot istraživanja i glavnog istraživanja.</p> <p>U pilot istraživanju sudjelovala su 4 ispitanika (2M/2F) prosječne dobi 22,5 godina i normalnog ITM-a.</p> <p>U glavnom istraživanju sudjelovalo je 35 ispitanika (20M i 15F). Muškarci su u prosjeku imali 24,2 godine, normalni ITM</p>	<p>U pilot istraživanju, ispitanici su odradili maksimalni test opterećenja na pokretnom sagu.</p> <p>U glavnom istraživanju, ispitanici su proveli tri različita tjeležbena protokola u tri različita dana.</p> <p>Prvi protokol sastojao se od istog maksimalnog testa opterećenja na pokretnom sagu, kao i u</p>	<p>U pilot istraživanju, uzorci venske krvi uzeti su netom prije, te 3, 10 i 30 minuta nakon i 1,2,3,6, 12 i 24 sata nakon tjeleži.</p> <p>U glavnom istraživanju, uzorci venske krvi uzeti su netom prije i tri minute nakon završetka tjeleži.</p>	<p>U pilot istraživanju, tjeleži je značajno povećala razinu irizina u serumu 3 minute nakon tjeleži. 10 minuta nakon tjeleži, razina irizina se smanjila i ostala konstantna sljedećih 24 sata.</p> <p>U glavnom istraživanju, sva tri tjeležbena protokola su značajno povećala</p>	<p>Tjeleži maksimalnih intenziteta uzrokuje najveći rast irizina u serumu.</p> <p>Isto tako, tjeleži u trajanju od 10 minuta pri jako niskom intenzitetu (bicikliranje na 75 W) uzrokuje značajni rast irizina u serumu.</p>

		te su bili tjelesno aktivni. Žene su u prosjeku imale 21,4 godine, normalan ITM te su također bile tjelesno aktivne.	pilot istraživanju.  Drugi protokol sastojao se od 10 minuta trčanja na pokretnom sagu pri intenzitetu od 70% maksimalnog primitka kisika.  Treći protokol sastojao se od 10 minuta vožnje bicikla na bicikl-ergometru pri intenzitetu od 75 W.		razinu irizina u serumu.  Najveći rast irizina u serumu zabilježen je nakon maksimalnog testa opterećenja, a bio je značajno veći u odnosu na druga dva protokola.	
22. Szumilewicz i sur., 2019., Poljska	Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj tjelovježbe na razinu irizina u serumu u treniranih i netreniranih trudnih žena.  Nerandomizirano kontrolirano istraživanje.	U istraživanju je sudjelovalo 20 žena koje su bile u svojoj prvoj trudnoći.  8 od 20 žena (prosječne dobi 31 godina, normalni ITM, u 32-om tjednu trudnoće) je prije istraživanja provelo tjelovježbeni program za trudnice u trajanju od 6 tjedana.  12 od 20 žena (prosječne dobi 30 godina, normalni ITM, u 25-om tjednu trudnoće) su se prijavile za isti tjelovježbeni program, te je	Za određivanje intenziteta tjelovježbenog protokola, proveden je maksimalni test opterećenja na bicikl-ergometru. Na temelju tog testa, utvrđen je intenzitet tjelovježbe u rasponu frekvencije srca od 132 do 151 otkucaja u minuti (trenirana grupa) i 123 do 146 otkucaja u minuti (netrenirana grupa).  Tjelovježbeni protokol sastojao se od zagrijavanja,	Uzorci venske krvi uzeti su netom prije i 30 minuta po završetku tjelovježbe.	Prije tjelovježbe nije bilo statistički značajnih razlika između grupa u razini irizina u serumu.  Tjelovježba je statistički značajno povećala irizin u serumu u treniranoj grupi.  U netreniranoj grupi, u 7 ispitanica zabilježen je rast irizina u serumu, dok je u 5 zabilježen pad irizina u serumu i te su razlike bile statistički značajne.	Intenzitet tjelovježbe u ovom istraživanju bio je dovoljan da izazove rast irizina u serumu.  Moguće je da razina treniranosti utječe na rast irizina u serumu kao posljedicu tjelovježbe.



		istraživanje provedeno prije početka programa.	aerobike umjerenog intenziteta (25 minuta), treninga s otporom vlastitim tijelom (25 minuta) i vježbe za mišiće dna zdjelice, istezanja, vježbi disanja i opuštanja (10 minuta).			
23. Ozcelik i sur., 2018., Turska	Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj nogometne utakmice odigrane u različito vrijeme u toku dana na razinu irizina u serumu.  Nerandomizirano kontrolirano istraživanje.	16 muškaraca (prosječne dobi 18 godina, normalnog ITM-a) sudjelovalo je u istraživanju. Svi ispitanici trenirali su nogomet 3 do 5 puta tjedno posljednjih pet godina.	Tjelovježbeni protokol sastojao se od 3 utakmice nogometa na terenu dimenzija 30x50 metara. Utakmice su odigrane 8 protiv 8 igrača, 7 u polju i 1 vratar.  Utakmice su trajale 60 minuta, te su odigrane s razmakom od 3 dana. Prva utakmica odigrana je ujutro između 8 i 10 sati, druga popodne između 14 i 16 sati i treća navečer između 8 i 10 sati.	Uzorci venske krvi uzeti su netom prije i odmah po završetku svake utakmice.	Početne razine irizina bile su statistički značajno veće popodne i navečer u odnosu na razinu irizina ujutro.  Sve tri utakmice odigrane u različito doba dana uzrokovale su statistički značajan rast irizina u serumu, bez značajnih razlika između grupa.	Nogometne utakmice odigrane na smanjenom terenu povećavaju intenzitet utakmice, te je taj intenzitet u trajanju od 60 minuta dovoljan da uzrokuje značajan rast irizina u serumu, bez obzira na doba dana provedbe tjelovježbe.
24. Jürimäe i sur., 2021., Estonija	Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj jednog treninga veslanja na razinu irizina u serumu.	U istraživanju je sudjelovalo 15 veslačica (prosječne dobi 18,3 godine, normalnog ITM-om) koje su trenirale veslanje u	Tjelovježbeni protokol se sastojao od jednog sata veslanja na veslačkom ergometru pri intenzitetu od 70% maksimalnog	Uzorci venske krvi uzeti su netom prije, odmah po završetku i 30 minuta nakon završetka tjelovježbe.	Tjelovježbeni protokol uzrokovao je mali, ali značajni rast irizina u serumu po završetku.	Ovakav protokol, visokog intenziteta i trajanja, dovoljan je da izazove značajan rast irizina u serumu.

	Nerandomizirano kontrolirano istraživanje.	<p>prosječno 5 godina.</p> <p>Ispitanice su bile izuzetno tjelesno spremne, s maksimalnim relativnim primitkom kisika od 47,2 ml/min/kg u prosjeku.</p>	primitka kisika.		30 minuta nakon završetka tjelovježbe, razina irizina u serumu više nije bila značajno viša od početne razine.	
25. Jürimäe i sur., 2021., Estonija	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj jednog treninga veslanja na razinu irizina u serumu.</p> <p>Nerandomizirano kontrolirano istraživanje.</p>	<p>U istraživanju je sudjelovalo 16 veslača (prosječne dobi 19 godina, normalni ITM) koji su u prosjeku trenirali veslanje 4,3 godine.</p> <p>Ispitanici su bili izuzetno tjelesno spremni, s maksimalnim relativnim primitkom kisika od 64,4 ml/min/kg.</p>	Tjelovježbeni protokol se sastojao od 2 sata veslanja u čamcu na otvorenoj vodi, pri intenzitetu od 72% od maksimalne srčane frekvencije.	Uzorci venske krvi uzeti su netom prije, odmah po završetku i 30 minuta nakon završetka tjelovježbe.	<p>Tjelovježbeni protokol uzrokovao je mali, neznajni rast irizina u serumu.</p> <p>30 minuta nakon završetka tjelovježbe, razina irizina se vratila na početnu razinu.</p>	<p>Usprkos visokom intenzitetu i trajanju tjelovježbe, nije zabilježen rast irizina u serumu.</p> <p>Moguće je da, nakon jednog sata tjelovježbe, irizin u serumu počinje padati, te zbog toga nije moguće zabilježiti značajno povećanje irizina u serumu na kraju tjelovježbe.</p>
26. He i sur., 2019., Kina	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj 2 različita protokola tjelovježbe na razinu irizina u serumu.</p> <p>Cross-over istraživanje.</p>	<p>U istraživanju je sudjelovalo 14 ispitanika (prosječne dobi 23 godine, normalnog ITM-a).</p> <p>Ispitanici nisu bili tjelesno aktivni u trenutku provođenja istraživanja.</p>	<p>Ispitanici su došli u laboratorij 4 puta, s razmakom od 4 do 7 dana.</p> <p>Na prvom dolasku odrađen je maksimalni test opterećenja na pokretnom sagu, s ciljem utvrđivanja maksimalnog primitka kisika. Na temelju testa</p>	Uzorci venske krvi uzeti su netom prije, odmah po završetku i 1, 3, 24, 48 i 72 sata nakon AP i FATmax protokola.	<p>Nije bilo značajnih razlika u početnim razinama irizina između AP i FATmax.</p> <p>Nije bilo značajnih razlika u razini irizina u serumu niti u jednoj vremenskoj točki unutar i između skupina (AP i FATmax).</p>	Usprkos visokom intenzitetu i trajanju tjelovježbenih protokola, nije zabilježena značajna razlika irizina u serumu između skupina.

			<p>izračunata je brzina pri anaerobnom pragu (AP).</p> <p>U drugom dolasku ispitanici su odradili šest 6-minutnih serija trčanja na brzinama od 25%, 35%, 45%, 55%, 65% i 75% maksimalne brzine postignute na maksimalnom testu opterećenja. Na temelju tih serija, izračunata je brzina pri kojoj su ispitanici oksidirali maksimalnu količinu masti (FATmax).</p> <p>U trećem i četvrtom dolasku ispitanici su odradili trening u trajanju od 45 minuta, jedan pri brzini AP, a drugi pri brzini FATmax.</p>			
27. He i sur., 2018., Kina	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi akutni utjecaj tri tjelovježbena protokola na razinu irizina u serumu.</p> <p>Cross-over istraživanje.</p>	<p>U istraživanju je sudjelovalo 17 zdravih muškaraca (prosječne dobi 23 godine, normalnog ITM-a).</p> <p>Ispitanici nisu bili tjelesno aktivni u trenutku</p>	<p>Provedena su tri tjelovježbena protokola u tri različita dana sa 7 dana između protokola.</p> <p>Prije protokola, odrađen je maksimalni test opterećenja</p>	<p>Uzorci venske krvi uzeti su netom prije, odmah po završetku i 1, 3, 24, 48 i 72h nakon tjelovježbenih protokola.</p>	<p>Nije bilo značajnih razlika u početnoj razini irizina između protokola.</p> <p>VIIIT1 uzrokovao je blagi, neznajčajni pad irizina u serumu po završetku</p>	<p>Usprkos visokim intenzitetima svih triju protokola, nije zabilježen značajni rast irizina u serumu.</p> <p>Moguće je da razina treniranosti ispitanika utječe na rast</p>

		<p>provođenja istraživanja.</p>	<p>radi utvrđivanja maksimalnog primitka kisika. Brzina na kraju testa (<math>V_{max}</math>) korištena je u narednim protokolima.</p> <p>Prvi protokol bio je visoko-intenzivni intervalni trening 1 (VIIT1) koji se sastojao od dvije serije. Svaka serija se sastojala od 6 ponavljanja po 30 sekundi trčanja na <math>V_{max}</math>. Pauza između ponavljanja trajala je 90 sekundi i bila je aktivna (50% od <math>V_{max}</math>), dok je pauza između setova bila pasivna u trajanju od 4 minute.</p> <p>Drugi protokol bio visoko-intenzivni intervalni trening 2 (VIIT2) koji se sastojao od 5 ponavljanja po 4 minute trčanja na 90% od <math>V_{max}</math>, s 4 minute aktivne pauze (na 50% od <math>V_{max}</math>).</p> <p>Treći protokol bio je trening s otporom</p>		<p>tjelovježbe, dok je TO uzrokovao blagi, neznajni rast irizina u serumu.</p> <p>Nije bilo značajnih razlika u irizinu u serumu u ostalim vremenskim točkama, ni između protokola niti unutar protokola.</p>	<p>irizina u serumu, a ispitanici ovog istraživanja nisu bili tjelesno aktivni u trenutku provođenja istraživanja.</p>
--	--	---------------------------------	--	--	---	--

			(TO). Odrađeno je 7 višezglobnih vježbi za cijelo tijelo. Treninzi su se sastojali od 4 serije po vježbi, s 8-10 ponavljanja po seriji.			
28. Bizjak i sur., 2021., Njemačka	Utvrđiti utjecaj tjelovježbe na razinu irizina u serumu u starijoj populaciji.  Nerandomizirano kontrolirano istraživanje.	U istraživanju je sudjelovalo 28 (16F i 12M) ispitanika, koji su bili podijeljeni u dvije grupe, na temelju rezultata u maksimalnom testu opterećenja.  Prva grupa je bila tzv. „ <i>high physical fitness</i> “ (HPF) koja se sastojala od 14 ispitanika (prosječne dobi 74,4 godine, blago povišenog ITM-a od 25,5, s maksimalnim primitkom kisika od 24,7 ml/min/kg).  Druga grupa bila je tzv. „ <i>low physical fitness</i> “ (LPF) koja se sastojala od 14 ispitanika (prosječne dobi 76 godina, visokog ITM-a od 30,9, s maksimalnim primitkom	Tjelovježbeni protokol se sastojao od maksimalnog testa opterećenja na bicikl-ergometru.  Nakon 2 minute pedaliranja bez otpora, otpor je postavljen na 25 W, a povećavao se za 15 W svaku minutu.	Uzorci venske krvi uzeti su netom prije i odmah po završetku tjelovježbe.	Početna razina irizina bila je statistički značajno veća u HPF skupini u odnosu na LPF skupinu.  Tjelovježba nije uzrokovala značajne promjene u razini irizina u serumu, ni u HPF niti u LPF skupini.	Usprkos visokom intenzitetu tjelovježbe, nije bilo značajnih promjena u razini irizina u serumu, neovisno o razini fitnesa.  Viša početna razina irizina u HPF skupini možda ima veze s većom razinom fitnesa u toj skupini.

		kisika od 17,2 ml/min/kg).				
29. Pradas i sur., 2021., Španjolska	Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj utakmice padela na razinu irizina u serumu.  Nerandomizirano kontrolirano istraživanje.	U istraživanju je sudjelovalo 24 ispitanika (14F i 10M) koji su u trenutku provođenja istraživanja imali 5 ili više godina iskustva treniranja padela.  Prosječna dob žena bila je 29 godina, normalnog ITM-a i visokog maksimalnog primitka kisika od 47,5 ml/min/kg.  Prosječna dob muškaraca bila je 26,3 godine, normalnog ITM-a i visokog maksimalnog primitka kisika od 57,5 ml/min/kg.	Padel je sport koji se igra u parovima, te su utakmice odigrane u istospolnim parovima. Pobjednik utakmice je onaj koji prije dođe do 2 dobivena seta.  Prosječno vrijeme trajanja utakmice kod muškaraca bilo je 79 minuta, a realno vrijeme igre (bez pauza) bilo je 27,8 minuta.  Prosječna frekvencija srca bila je 72,7% od maksimalne srčane frekvencije.  Prosječno vrijeme trajanja utakmice kod žena bilo je 58 minuta, a realno vrijeme igre (bez pauza) bilo je 24,8 minuta.  Prosječna frekvencija srca bila je 77,2% od maksimalne srčane frekvencije.	Uzorci venske krvi uzeti su 90 minuta prije utakmice (natašte) i unutar 10 minuta po završetku utakmice.	Nije bilo značajnih razlika u početnim razinama irizina između spolova.  Utakmica padela uzrokovala je blagi, statistički neznajajni pad irizina u serumu u oba spola, bez razlike između spolova.	Usprkos visokom intenzitetu u vidu visoke prosječne frekvencije srca, nije bio zabilježen rast irizina u serumu.  Mogući razlog za to je činjenica da padel ima puno pauza, što zapravo smanjuje ukupni intenzitet.
30. Marcucci-Barbosa i sur., 2020., Brazil	Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj trkačke utrke na razinu irizina u	U istraživanju je sudjelovalo 9 muškaraca (prosječne dobi 32 godine, blago	Tjelovježbeni protokol se sastojao od utrke duljine 10km provedene na otvorenom.	Uzorci venske krvi uzeti su netom prije, odmah po završetku i 24 sata nakon	Razina irizina odmah po završetku tjelovježbe bila je statistički neznajajno	Ovakva utrka, usprkos visokom intenzitetu i trajanju, nije uzrokovala značajan rast

	<p>serumu u neprofesionalnih trkača.</p> <p>Nerandomizirano nekontrolirano istraživanje.</p>	<p>povišenog ITM-a 25,9).</p> <p>Ispitanici su se rekreativno bavili trčanjem barem godinu dana, minimalno tri puta tjedno.</p>	<p>Ispitanici su trčali vlastitom odabranom brzinom, te je prosječno vrijeme svih ispitanika bilo 49,8 minuta.</p>	<p>završetka utrke.</p>	<p>veća u odnosu na razinu prije utrke.</p> <p>Razina irizina 24 sata nakon utrke bila je statistički značajno veća u odnosu na razinu prije utrke, ali ne u odnosu na razinu nakon utrke.</p>	<p>irizina u serumu odmah po završetku utrke, iako je razina irizina bila značajno viša 24 sata nakon završetka utrke.</p>
<p>31. Dündar , 2019., Turska</p>	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj treninga rukometa na razinu irizina u serumu.</p> <p>Nerandomizirano nekontrolirano istraživanje.</p>	<p>U istraživanju je sudjelovalo 19 mladih rukometaša (prosječne dobi 16 godina, normalnog ITM-a).</p> <p>Ispitanici su se bavili rukometom minimalno 3 godine.</p>	<p>Tjelovježbeni protokol sastojao se od 30 minuta zagrijavanja, 50 minuta kondicijske pripreme i 30 minuta simulirane utakmice. Po završetku treninga ispitanici su proveli istežanje.</p>	<p>Uzorci venske krvi uzeti su netom prije i odmah po završetku tjelovježbe.</p>	<p>Razina irizina se statistički značajno povećala u odnosu na početnu razinu.</p>	<p>Rukometni trening proveden u ovom istraživanju bio je vrlo intenzivan, u trajanju od blizu 2 sata, što je dovoljno da izazove značajan rast irizina u serumu.</p>
<p>32. Moienneia i sur., 2016., Iran</p>	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj treninga s otporom na razinu irizina u serumu.</p> <p>Randomizirano kontrolirano istraživanje.</p>	<p>U istraživanju je sudjelovala 21 ispitanica, ženskog spola (prosječne dobi 24,4 godine i normalnog ITM-a).</p> <p>Ispitanice nisu imale iskustvo s treningom s otporom, te su općenito bile prilično sedentarne.</p>	<p>Tjelovježbeni protokol se sastojao od treninga s otporom.</p> <p>Protokol je proveden kao kružni trening, te je odrađeno 3 kruga po 7 vježbi.</p> <p>Prva grupa bila je tzv. „<i>low resistance training</i>“ (LRT) i sastojala se od 11 ispitanica. Njihov protokol sastojao se od 7 vježbi (4 za</p>	<p>Uzorci venske krvi uzeti su netom prije i odmah po završetku tjelovježbenog protokola.</p>	<p>Nije bilo razlike u početnim razinama irizina između skupina.</p> <p>Oba trenažna protokola uzrokovala su statistički neznačajni pad irizina u serumu po završetku treninga, bez značajnih razlika između skupina.</p>	<p>Neovisno o intenzitetu protokola, kružni trening ovog oblika uzrokovao je neznačajni pad irizina u serumu.</p>

			<p>donji i 3 za gornji dio tijela)  proveden niskim intenzitetom (40-60% od težine koju su mogle podići jednom – 1RM, s 20-30 ponavljanja po seriji).</p> <p>Druga grupa bila je tzv. „<i>high resistance training</i>“ (HRT) i sastojala se od 10 ispitanica. Odradile su iste vježbe kao i LRT skupina, ali većim intenzitetom (70-90% od 1RM-a, s 5-15 ponavljanja po seriji).</p>			
--	--	--	---	--	--	--



Tablica 2. Pregled i karakteristike istraživanja kojima je cilj bio utvrditi akutni utjecaj tjelovježbe na razinu irizina u serumu u životinjskim modelima

Autor, godina izdavanja, država	Cilj i dizajn istraživanja	Uzorak i karakteristike ispitanika	Karakteristike tjelovježbe	Mjerene varijable	Rezultati istraživanja	Zaključak istraživanja
1. Brenmoehl i sur., 2014., Njemačka	Cilj istraživanja bio je utvrditi cirkulira li irizin u serumu miševa i utvrditi utjecaj akutne i dobrovoljne tjelovježbe na razinu irizina u serumu u miševa.  Istraživanje na životinjskom modelu.	Vrsta miševa u istraživanju bila je „Dummerstorf high treadmill performance“ koja je uzgojena kroz 117 generacija za jako dobru izvedbu na pokretnom sagu.  U akutnoj intervenciji sudjelovalo je 11-12 miševa ove vrste.	Tjelovježba se sastojala od maksimalnog testa opterećenja na pokretnom sagu (početna brzina 15m/min, posljednja brzina 38m/min). Ukupna istrčana udaljenost bila je 5,1km u prosjeku, te su u prosjeku izgubili 2g tjelesne mase.	Mjerene varijable uključivale su razinu irizina u serumu i mišićima natkoljenice i potkoljenice.	Ovakav oblik tjelovježbe značajno je povećao razinu irizina i u serumu i u mišićima ovih miševa.	Intenzivno vježbanje, u obliku maksimalnog testa opterećenja izaziva rast irizina u serumu, s obzirom na veliku prijedenu udaljenost i intenzitet tjelovježbe.
2. Samy i sur., 2015., Egipat	Cilj istraživanja bio je utvrditi akutni utjecaj tjelovježbe na razinu irizina u serumu štakora.  Istraživanje na životinjskom modelu.	10 odraslih Wistar štakora (mase 200-220g).	Intervencija se sastojala od 3 dana aklimatizacije na plivanje. Potom 2 dana odmora nakon kojeg je slijedio tjelovježbeni protokol koji se sastojao od plivanja s utegom (5% mase tijela) koji je bio privezan za rep štakora, u trajanju do 100 minuta.  Nakon intervencije štakori su bili eutanazirani.	Nakon eutanazije utvrđena je razina irizina u serumu. Ta razina je uspoređena sa skupinom eutiroidnih sjedilačkih štakora iz istog istraživanja.	Akutna tjelovježba značajno je povećala razinu irizina u serumu u odnosu na kontrolnu skupinu.	Intenzivna aktivnost poput ove u trajanju od 100min uzrokuje rast irizina u serumu, te bi irizin mogao biti povezan s oksidativnim stresom i miopatijama.
3. Czarkowska-Pazcek i sur., 2014., Poljska	Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj akutne	60 Wistar štakora koji su bili podijeljeni u dvije skupine,	Prva skupina (N=30) je trčala na pokretnom sagu 5x tjedno	Odmah po eutanaziji, uzorci mišića m. gastrocnemius	U crvenim vlaknima trenirana skupina imala je veću	Početna razina irizina ovisi o razini treniranosti i o tipu vlakna

<p>tjelovježbe na razinu irizina u serumu u treniranih i netreniranih štakora.</p> <p>Istraživanje na životinjskom modelu.</p>	<p>trenirana i kontrolna, koja nije vježbala.</p>	<p>u periodu od 6 tjedana.</p> <p>Druga skupina (N=30) je bila kontrolna te nije vježbala.</p> <p>20 štakora iz svake skupine provelo je akutnu tjelovježbu, te je 10 iz svake eutanizirano odmah, a 10 je bilo eutanizirano 3h nakon tjelovježbe.</p> <p>Akutna tjelovježba sastojala se od trčanja na pokretnom sagu brzinom od 1680 metara/h.</p>	<p>su uzeti radi analize.</p> <p>Analiza je izvršena u crvenim i u bijelim mišićnim vlaknima.</p>	<p>razinu, no razlika nije bila značajna.</p> <p>Tjelovježba je uzrokovala pad irizina u crvenim vlaknima obje skupine, no razlika nije bila statistički značajna.</p> <p>3h nakon tjelovježbe razina irizina u crvenim vlaknima je narasla u obje skupine, no samo u netreniranoj je ta razlika bila statistički značajna.</p> <p>U bijelim vlaknima početna razina irizina je bila veća u netreniranoj skupini odnosu na treniranu, no razlika nije bila značajna.</p> <p>Tjelovježba je uzrokovala pad irizina u bijelim vlaknima obje skupine, no razlika je bila značajna samo u netreniranoj skupini.</p> <p>3h nakon tjelovježbe irizin je i dalje bio statistički značajno niži u netreniranoj skupini u odnosu na</p>	<p>(bijela ili crvena vlakna).</p>
--	---	--	---	--	------------------------------------

					razinu prije tjelovježbe, dok u treniranoj skupini nije.	
4. Pang i sur., 2015., Kina	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj trčanja na pokretnom sagu na razinu irizina u serumu u miševa.</p> <p>Istraživanje na životinjskom modelu.</p>	<p>U istraživanju su korišteni miševi stari 6 tjedana (kojih je sveukupno bilo 54).</p> <p>6 miševa su bili kontrolna skupina i nisu proveli tjelovježbu (REST).</p> <p>6 miševa bilo je podvrgnuto tjelovježbi u trajanju od 30 minuta (EX0.5).</p> <p>6 miševa bilo je podvrgnuto tjelovježbi u trajanju od 60 minuta (EX1).</p> <p>6 skupina po 6 miševa podvrgnuto je tjelovježbi u trajanju od 60 minuta, te su se po završetku odmarali 1, 2, 3, 6, 12 i 24 sata (REST1, REST2, REST3, REST6, REST12 i REST24, redom).</p>	<p>Tjelovježbeni protokol se sastojao od trčanja na pokretnom sagu, brzinom 14m/min, što je otprilike 60% od maksimalnog primitka kisika.</p> <p>Tjelovježba je trajala 30 ili 60 minuta, ovisno o skupini.</p>	<p>Uzorci venske krvi uzeti su odmah (REST skupina), odmah po završetku tjelovježbe (EX0.5 i EX1) te 1, 2, 3, 6, 12 i 24h nakon u REST1, REST2, REST3, REST6, REST12 i REST24 skupinama.</p>	<p>Razina irizina u serumu bila je statistički značajno viša u odnosu na REST skupinu u svim skupinama osim u REST24 skupini.</p> <p>Najveće vrijednosti irizina u serumu zabilježene su 6 sati nakon završetka tjelovježbe (REST6).</p>	<p>Ovakva tjelovježba, u kraćem (30 minuta) ili dužem obliku (60 minuta) dovoljnog je intenziteta da izazove rast irizina u serumu, koji se vratio na razinu prije tjelovježbe 24 sata nakon tjelovježbe.</p>
5. Quinn i sur., 2015., SAD	<p>Jedan od ciljeva istraživanja bio je utvrditi utječe li razina interleukina-15 (IL-15) na razinu irizina u serumu u</p>	<p>Korištene su tri vrste muških miševa, kontrolna skupina (C57BL/6, 4 i 6 mj. starosti), skupina s</p>	<p>Samo miševi u kontrolnoj i IL-15 KO skupini proveli su progresivni test do otkaza na pokretnoj traci nagiba +5°. Dio miševa u obje</p>	<p>Miševi su anestetizirani za uzimanje uzorka krvi i uzorka mišićnog tkiva odmah po završetku, te 30 min i 3 sata</p>	<p>Niti inicijalno, kao ni nakon provedene tjelovježbe nisu utvrđene razlike u razini serumskog irizina između kontrolne i IL-15 KO</p>	<p>Razina irizina u serumu nakon tjelovježbe ne ovisi o IL-15, s obzirom da IL-15 delecija na nju nije imala utjecaja.</p>

	<p>miševa nakon tjelovježbe.</p> <p>Istraživanje na životinjskom modelu.</p>	<p>delecijom IL-15 (IL-15 KO, 4 mj. starosti, n=45) i transgenični miševi s konstitutivno povišenom razinom cirkulirajućeg IL-15 (IL-15 Tg, 6 mjeseci starosti, n=10). Kontrolna skupina za IL-15 KO brojila je 25 miševa, a kontrolna skupina za IL-15 Tg 10 miševa.</p>	<p>skupine nije proveo test (sedentarni).</p>	<p>nakon tjelovježbe.</p>	<p>skupine. U obje skupine serumska razina irizina bila je značajno snižena odmah po završetku tjelovježbe.</p>	<p>Progresivni test opterećenja izazvao je značajno sniženje irizina odmah po završetku tjelovježbe, ali su 3 sata nakon tjelovježbe razine irizina narasle na vrijednosti zabilježene u sedentarnih miševa, tj. vrijednosti u mirovanju.</p>
<p>6. Farrash i sur., 2021., SAD</p>	<p>Cilj istraživanja bio je utvrditi akutni utjecaj tjelovježbe na razinu irizina u serumu dva različita fenotipa štakora.</p> <p>Istraživanje na životinjskom modelu.</p>	<p>U istraživanju je sudjelovalo 16 ženskih štakora, koji su bili podijeljeni u dvije grupe.</p> <p>Prva grupa (8 štakora) bila je tzv. „<i>low response trainer</i>“ (LRT) koja ima slabije adaptacije na aerobni trening, te je podložna otpornosti na inzulin i pretilosti. Druga grupa (8 štakora) bila je tzv. „<i>high response trainer</i>“ (HRT) imaju veće adaptacije nakon aerobnog treninga u odnosu na LRT štakore.</p>	<p>Nakon 2 tjedna privikavanja na novi okoliš, štakori su podvrgnuti tjelovježbenom protokolu koji se sastojao od 30 minuta trčanja na pokretnom sagu (na nagibu od 15%) pri umjerenj brzini (17m/min).</p> <p>Ciljani intenzitet je bio 60-70% maksimalnog primitka kisika.</p> <p>Potom je proveden tjelovježbeni program u trajanju od 3 tjedna, gdje su štakori svaki dan provodili isti protokol kao i gore opisan.</p>	<p>Uzorci venske krvi uzeti su netom prije, odmah po završetku te 1 i 3 sata nakon završetka tjelovježbe.</p> <p>Gore navedeni postupak proveden je i prije i poslije tjelovježbenog programa.</p>	<p>Početne razine irizina nisu bile statistički značajne između grupa.</p> <p>Po završetku tjelovježbenog programa, razina irizina u serumu je bila značajno veća u obje skupine u odnosu na razinu prije programa, bez značajnih razlika između skupina.</p> <p>Prije tjelovježbenog programa, nije bilo statistički značajnih razlika u razini irizina u serumu između skupina odmah po završetku tjelovježbe, kao ni nakon</p>	<p>Akutna i kronična tjelovježba ovakvog intenziteta dovoljna je da poveća početnu razinu irizina u serumu, kao i razinu nakon tjelovježbe.</p> <p>Promjene su bile neovisne o potencijalnoj treniranosti štakora.</p>

					<p>1 i 3h nakon tjelovježbe.</p> <p>Nakon tjelovježbenog programa, razina irizina u serumu je bila veća u HRT skupini odmah po završetku te 1 i 3 sata nakon tjelovježbe, iako niti u jednoj točki ta razlika nije dosegla statističku značajnost.</p>	
--	--	--	--	--	--	--

## 5. Rasprava

Od ukupnog broja uključenih istraživanja, šest ih je provedeno na životinjskim modelima (miševima ili štakorima), dok su ostala 32 provedena na ljudima. Istraživanja su provedena u Kini (Qui i sur., 2018; Pang i sur., 2015; He i sur., 2018; He i sur., 2019), Turskoj (Arikan, 2018; Kabak, Belviranlı i Okudan, 2018; Algul, Ozdenk i Ozcelik, 2017; Ozbay, Ulupinar, Sebin i Altinkaynak, 2020; Ozcelik, Algul i Yilmaz., 2018; Dündar, 2019), Njemačkoj (Brenmoehl i sur., 2014; Löffler i sur., 2015; Zügel i sur., 2016; Briken i sur., 2016; Bizjak i sur., 2021), Grčkoj (Huh, Mougios, Skraparlis, Kabaskalis i Mantzoros, 2014; Huh i sur., 2014), Japanu (Tsuchiya, Ando, Takamatsu i Goto, 2015; Tsuchiya, Ando, Goto, Kiuchi, Yamakita i Koyama, 2014), Kanadi (Blizzard LeBlanc i sur., 2017; Reycraft i sur., 2019), Tajvanu (Tsai i sur., 2021), Egiptu (Samy, Ismail i Nassra, 2015), Norveškoj (Norheim i sur., 2014), Poljskoj (Wiecek, Szymura, Maciejczyk, Kantorowicz i Szygula, 2018; Czarkowska-Paczek, Zendzian-Piotrowska, Gala, Sobol i Paczek, 2014; Bilski i sur., 2020; Szumilewicz i sur., 2019), Meksiku (Archundia-Herrera i sur., 2017), SAD-u (Quinn, Anderson, Conner i Wolden-Hanson, 2015; Farrash i sur., 2021; Daskalopoulou i sur., 2014), Italiji (Comassi i sur., 2015), Estoniji (Jürimäe, Vaiksar, Purge i Tillmann, 2021; Jürimäe, Purge i Tillmann, 2021), Španjolskoj (Pradas, Cadiz, Nestares, Martines-Diaz i Carrasco, 2021), Brazilu (Marcucci-Barbosa i sur., 2020) i Iranu (Moienneia i Hosseini, 2016).

Prema dizajnu, tri istraživanja su bila randomizirana kontrolirana istraživanja (Archundia-Herrera i sur., 2017; Briken i sur., 2016; Moiienneia i Hosseini, 2016). U devet istraživanja provedeno je randomizirano cross-over istraživanje, pri čemu su ispitanici proveli dva ili više različitih tjelovježbenih protokola u različite dane (Qui i sur., 2018; Tsuchiya, Ando, Takamatsu i Goto, 2015; Tsai i sur., 2021; Tsuchiya, Ando, Goto, Kiuchi, Yamakita i Koyama, 2014; Reycraft i sur., 2019; Bilski i sur., 2020; Daskalopoulou i sur., 2014; He i sur., 2019; He i sur., 2018). Dva su istraživanja bila nerandomizirana cross-over istraživanja u kojima su ispitanici u nerandomiziranom poretku proveli dva ili više tjelovježbenih protokola u dva različita dana (Blizzard LeBlanc i sur., 2017; Algul, Ozdenk i Ozcelik, 2017). Šesnaest istraživanja bila su nerandomizirana kontrolirana istraživanja (Arikan, 2018; Kabak, Belviranlı i Okudan, 2018; Ozbay, Ulupinar, Sebin i Altinkaynak, 2020; Huh, Mougios, Skraparlis, Kabaskalis i Mantzoros, 2014; Norheim i sur., 2014; Wiecek, Szymura, Maciejczyk, Kantorowicz i Szygula, 2018; Löffler i sur., 2015; Zügel i sur., 2016; Comassi i sur., 2015; Huh

i sur., 2014; Szumilewicz i sur., 2019; Ozcelik, Algul i Yilmaz., 2018; Jürimäe, Vaiksar, Purge i Tillmann, 2021; Jürimäe, Purge i Tillmann, 2020; Bizjak i sur., 2021; Pradas, Cadiz, Nestares, Martines-Diaz i Carrasco, 2021). U dva rada istraživači nisu kontrolirali aspekte tjeleovježbe, te su to bila nerandomizirana nekontrolirana istraživanja (Marcucci-Barbosa i sur., 2020; Dündar, 2019).

Ostalih šest istraživanja provedeno je na životinjskim modelima, na miševima ili štakorima (Brenmoehl i sur., 2014; Samy, Ismail i Nassra, 2015; Czarkowska-Paczek, Zendzian-Piotrowska, Gala, Sobol i Paczek, 2014; Pang i sur., 2015; Quinn, Anderson, Conner i Wolden-Hanson, 2015; Farrash i sur., 2021).

Rasprava će dalje biti podijeljena na četiri dijela. U prvom dijelu će se diskutirati akutni učinci tjeleovježbe čiji je cilj bio razvoj ili test izdržljivosti, neovisno o načinu provođenja (kontinuirani ili intervalni). U drugom dijelu će se diskutirati akutni učinci treninga s otporom, neovisno o karakteristikama samog treninga. U trećem dijelu diskutirat će se akutni učinci različitih sportova. U četvrtom dijelu diskutirat će se akutni učinci tjeleovježbe na razinu irizina u serumu u životinjskim modelima.

## 5.1 Akutni utjecaj treninga izdržljivosti na razinu irizina u serumu

Četiri istraživanja (Kabak, Belviranli i Okudan, 2018; Wiecek, Szymura, Maciejczyk, Kantorowicz i Szygula, 2018; Reycraft i sur., 2019 i Bilski i sur., 2020) provela su neki oblik sprinterskog intervalnog treninga (SIT). Ukratko, takav trening uključuje jedan ili više supramaksimalnih sprinteva, u trajanju od 10 do 30 sekundi, između kojih se provodi pasivna ili aktivna pauza jako niskog intenziteta (Buchheit i Laursen, 2013). U istraživanju Bilskog i suradnika (2020) utvrđen je značajan rast irizina u serumu, dok je u jednom utvrđen značajan rast irizina samo u skupini žena (Wiecek, Szymura, Maciejczyk, Kantorowicz i Szygula, 2018). Kao mogući razlog tomu Wiecek, Szymura, Maciejczyk, Kantorowicz i Szygula (2018) navode spolne razlike između muškaraca i žena. U preostala dva istraživanja nije zabilježen rast irizina u serumu, te je u jednom SIT doveo do najvećeg relativnog pada irizina u serumu (Reycraft i sur., 2019). Kao razlog ovakvom učinku SIT-a, Kabak, Belviranli i Okudan (2018) navode kako maksimalni intenzitet ovakve tjeleovježbe može inhibirati lučenje irizina iz miocita. S obzirom

na to da je ukupni broj ispitanika u svim istraživanjima bio 84, potreban je veći broj istraživanja kako bi se donijeli zaključci o učinku SIT-a na razinu irizina u serumu.

Qiu i suradnici (2018) utvrdili su utjecaj razine fitnesa i modaliteta tjelovježbe na razinu irizina u serumu. Prva skupina bila je podijeljena s obzirom na razinu maksimalnog primitka kisika ( $VO_{2max}$ ), na treniranu i netreniranu skupinu. Ispitanici su proveli isti tjelovježbeni protokol na biciklergometru na intenzitetu od 80% njihovog  $VO_{2max}$ . Serumska razina irizina se značajno povećala u obje skupine, bez razlika između skupina (Qiu i sur., 2018). U istom istraživanju, na različitoj skupini ispitanika, Qiu i suradnici (2018) utvrdili su utjecaj različitih modaliteta tjelovježbe na razinu irizina u serumu. U razmaku od tjedan dana, ispitanici su odradili maksimalne testove opterećenja na pokretnom sagu (trčanje) i biciklergometru. Oba modaliteta uzrokovala su značajan rast serumske razine irizina, ali bez razlike između skupina. Autori su zabilježili veći rast irizina u serumu u 60 minuta nakon tjelovježbe nakon protokola trčanja (Qiu i sur., 2018). Autori ukazuju kako je mogući razlog za to veće mišićno oštećenje kao posljedica trčanja u odnosu na bicikliranje (Baumann i sur., 2014; Tee, Bosch i Lambert, 2007).

Tsuchiya, Ando, Takamatsu i Goto (2015) proveli su tri tjelovježbena protokola s 10 muškaraca. U randomiziranom redosljedju, ispitanici su proveli trening s otporom, trening izdržljivosti i kombinirani trening, a sva tri protokola trajala su 60 minuta (Tsuchiya, Ando, Takamatsu i Goto, 2015). Pokazalo se kako trening izdržljivosti i kombinirani treninzi nisu uzrokovali značajan rast irizina u serumu.

Blizzard LeBlanc i suradnici (2017) proveli su cross-over istraživanje s mladim, pretilim ispitanicima, uspoređujući utjecaje aerobnog treninga i treninga s otporom. Aerobni trening proveden je na biciklergometru u trajanju do 45 minuta, na intenzitetu od 60% srčane rezerve. Takav protokol uzrokovao je značajni rast irizina u serumu tek 45 minuta nakon treninga (Blizzard LeBlanc i sur., 2017).

Tsai i suradnici (2021) utvrdili su utjecaj kontinuiranog i intervalnog treninga izdržljivosti na razinu irizina u serumu u istoj skupini ispitanika u cross-over dizajnu. Oba protokola trajala su 30 minuta. Intervalni trening izdržljivosti značajno je povećao razinu irizina u serumu. Kontinuirani trening izdržljivosti povećao je razinu irizina u serumu, ali ne do razine statističke značajnosti ( $p=0,076$ ) (Tsai i sur., 2021). Autori su također utvrdili značajan rast razine BDNF-a po završetku tjelovježbe, neovisno o protokolu (Tsai i sur., 2021).



Norheim i suradnici (2014) utvrdili su utjecaj treninga izdržljivosti na razinu irizina u serumu u grupi euglikemičnih i hiperglikemičnih sredovječnih muškaraca prije i poslije 12-tjednog programa, koji se sastojao od dva treninga izdržljivosti i dva treninga s otporom tjedno. Početna razina irizina u serumu bila je značajno viša u hiperglikemijskoj grupi. Ovaj podatak je u skladu s dosadašnjom literaturom, pa su tako Jia i suradnici (2019) pokazali kako ljudi s pretilošću imaju značajno veću razinu irizina u serumu u odnosu na kontrolnu skupinu normalne tjelesne mase. Kad se rezultati obiju skupina uzmu zajedno, 12-tjedni program uzrokovao je značajan pad početne razine irizina u serumu (Norheim i sur., 2014). Ovaj učinak kronične tjelovježbe bi mogao biti indikator povećane osjetljivosti na irizin, jer Perakakis i suradnici (2017) navode kako „hiperirizinemija“ može biti mehanizam otpora, kojim organizam nastoji održati homeostazu glukoze. U euglikemičnoj skupini, akutna tjelovježba je izazvala značajan rast irizina u serumu i prije i poslije 12-tjednog programa, dok je u hiperglikemijskoj skupini, u skladu s manjom početnom razinom irizina, tjelovježba izazvala značajan rast irizina u serumu samo nakon 12-tjednog programa (Norheim i suradnici, 2013).

Löffler i suradnici (2015) utvrdili su utjecaj tjelovježbe na razinu irizina u serumu u vitke i pretile djece i u vitkih i pretilih mladih ljudi. Djeca su provela maksimalni test opterećenja na biciklergometru, koji je uzrokovao značajan rast irizina u serumu, neovisno o spolu i pretilosti (Löffler i sur., 2015). Mladi ljudi proveli su intenzivni oblik tjelovježbe u trajanju od 30 minuta, koji je također uzrokovao rast irizina u serumu, no samo u vitkih muškaraca i pretilih žena (Löffler i sur., 2015). Autori su također utvrdili diurnalne razine irizina u vitkih i pretilih muškaraca i žena. U skladu s dosadašnjom literaturom, pokazano je kako pretili muškarci i žene imaju značajno veću razinu irizina u serumu u odnosu na vitke muškarce i žene, u gotovo svakoj vremenskoj točki (Löffler i sur., 2015).

U randomiziranom cross-over istraživanju, Tsuchiya i suradnici (2014) utvrdili su utjecaj trčanja visokog i niskog intenziteta na razinu irizina u serumu, između kojih nije bilo razlike kalorijskoj potrošnji. Početna razina irizina bila je značajno veća prije tjelovježbe niskog intenziteta. Tjelovježba je uzrokovala pad irizina u serumu u obje grupe, ali samo u grupi niskog intenziteta taj je pad bio statistički značajan. Tri i šest sati nakon tjelovježbe, razina irizina se oporavila i bila je značajno viša nakon tjelovježbe niskog intenziteta (Tsuchiya i sur., 2014). Uzevši u obzir jako mali broj ispitanika u ovom istraživanju (N=6), ove rezultate treba uzeti s oprezom.

Archundia-Herrera i suradnici (2017) i Moienneia i Hosseini (2016) utvrdili su utjecaj treninga izdržljivosti (kontinuiranog i intervalnog tipa) i treninga s otporom (kružni trening), redom. Archundia-Herrera i suradnici (2017) nisu utvrdili značajan rast irizina u serumu, no dokazano je značajno povećanje irizina u mišićima nakon intervalnog treninga, no ne i nakon kontinuiranog treninga. Moguće je da je relativno nizak intenzitet kontinuiranog treninga (65% maksimalne srčane frekvencije) razlog izostanka značajnog povećanja irizina u serumu. U istraživanju Moienneia i Hosseinia (2016) također nije utvrđen rast irizina u serumu nakon treninga s otporom u mladim, prethodno neaktivnih djevojaka. Usprkos tomu, nakon osam tjedana treninga s otporom zabilježen je pad početne razine irizina u serumu, koja je bila značajna u skupini koja je provodila intenzivniji oblik kružnog treninga (Moienneia i Hosseini, 2016). Moguće je da je, s obzirom na prethodnu tjelesnu neaktivnost, postignuta određena razina poboljšanja otpornosti na irizin (Perakakis i sur., 2017). Sličan je učinak postignut u istraživanju Norheima i suradnika (2014).

Jürimäe, Vaiksar, Purge i Tillmann (2021) i Jürimäe, Purge i Tillmann (2021) utvrdili su utjecaj veslačkog treninga na razinu irizina u serumu u mladim veslača i veslačica. U veslačica je zabilježen mali, ali značajni rast irizina u serumu, dok u muškaraca nije (Jürimäe, Vaiksar, Purge i Tillmann, 2021; Jürimäe, Purge i Tillmann 2021). Zanimljivo je istaknuti kako je početna razina irizina u serumu bila gotovo dvostruko veća u žena u odnosu na muškarce.

Zügel i suradnici (2016) utvrdili su utjecaj maksimalnog testa opterećenja u vitkih i pretilih ljudi. Kao i u drugim istraživanjima uključenim u ovaj pregledni rad, utvrđena je viša početna razina irizina u serumu u pretilih muškaraca i žena (Zügel i sur., 2016). Posljedično tomu, tjelovježba nije uzrokovala značajan rast irizina u serumu u pretilih ljudi, a u vitkih ljudi je. Taj je porast bio značajno veći u vitkih žena u odnosu na vitke muškarce (Zügel i sur., 2016).

Daskalopoulou i suradnici (2014) nastojali su utvrditi utjecaj tri različita intenziteta tjelovježbe na razinu irizina u serumu. Pokazano je kako, bez obzira na opterećenje, tjelovježba uzrokuje rast irizina u serumu. Zanimljivo, samo deset minuta vožnje biciklergometra na intenzitetu 75 W uzrokovalo je rast irizina u serumu (Daskalopoulou i sur., 2014).

## 5.2 Akutni utjecaji treninga s otporom na razinu irizina u serumu

Samo tri istraživanja su nastojala utvrditi utjecaj treninga s otporom na razinu irizina u serumu (Tsuchiya, Ando, Takamatsu i Goto, 2015; Blizzard LeBlanc i sur., 2017; He i sur., 2018).

Tsuchiya, Ando, Takamatsu i Goto (2015) proveli su trening s otporom s 10 mladih muškaraca. Protokol se sastojao od osam vježbi za cijelo tijelo, s 12 ponavljanja po seriji. Protokol nije uzrokovao rast irizina u serumu odmah po završetku tjelovježbe, no utvrđen je značajan rast irizina u serumu jedan sat nakon tjelovježbe (Tsuchiya, Ando, Takamatsu i Goto, 2015). Autori zaključuju kako je stres uzrokovan treningom s otporom dovoljan da izazove značajni rast irizina u serumu (Tsuchiya, Ando, Takamatsu i Goto, 2015). U skladu s time, Qui i suradnici (2018) utvrdili su veći ukupni rast irizina u serumu nakon protokola trčanja u odnosu na protokol proveden na biciklergometru.

Blizzard LeBlanc i suradnici (2017) proveli su sličan protokol kao i Tsuchiya, Ando, Takamatsu i Goto (2015) u mladih pretilih adolescenata. Utvrđen je neznačajni porast irizina u serumu nakon treninga s otporom. Jia i suradnici (2019) utvrdili su kako pretila djeca imaju višu razinu irizina u serumu u odnosu na vitku djecu, pa je tako moguće da bi ovakav protokol uzrokovao značajan rast irizina u serumu u vitke djece.

He i suradnici (2018) proveli su sličan protokol kao i prethodna dva istraživanja u mladih zdravih muškaraca. Autori su utvrdili neznačajni rast irizina u serumu nakon treninga s otporom (He i sur., 2018).

Zaključno, premalo je istraživanja koja su utvrdila utjecaj treninga s otporom na razinu irizina u serumu. Kako bi se donijeli zaključci o utjecaju ovakve tjelovježbe na razinu irizina u serumu, potrebno je više sličnih istraživanja, pogotovo u ženskih ispitanika.

## 5.3 Akutni učinci različitih sportova na razinu irizina u serumu

Četiri istraživanja (Arikan, 2018; Ozcelik, Algul i Yilmaz, 2018; Pradas, Cádiz, Nestares, Martínez-Díaz i Carrasco, 2021; Dündar, 2019) su utvrđivala utjecaj različitih sportova na razinu irizina u serumu.

Prema dizajnu, najkvalitetnije istraživanje bilo je ono autora Ozcelika, Algula i Yilmaza (2018) koji su proveli cross-over istraživanje. Njihovi su ispitanici odigrali utakmicu nogometa na smanjenom terenu (*engl.* Small-sided games, SSG) u tri različita doba dana: ujutro, popodne i navečer. Utvrđen je značajan rast irizina u serumu u sva tri doba dana, što autori pripisuju većem fiziološkom opterećenju u SSG igrama, radi većeg broja kontakata s loptom, većeg broja dodavanja i većeg broja pokušaja zabijanja gola (Halouani, Chtourou, Gabbet, Chaouachi i Chamari, 2014).

Arikan (2018) je utvrdio utjecaj taek-wan-do treninga na razinu irizina u serumu u muškarca i žena. Nije zabilježen rast irizina u serumu ni u žena niti u muškaraca (Arikan, 2018), usprkos visokom intenzitetu i trajanju protokola. Rezultati se mogu pripisati jako malom broju ispitanika (N=13).

Pradas, Cádiz, Nestares, Martínez-Díaz i Carrasco (2021) utvrdili su utjecaj padel ogleđa na razinu irizina u serumu u muškaraca i žena. Ukratko, padel je reketni sport koji se igra u parovima na terenu veličine 20x10 metara koji je ograđen zidom, zbog čega lopta ne može izaći iz terena (Castillo-Rodríguez, Alvero-Cruz, Hernández-Mendo i Fernández-García, 2014). Usprkos visokom intenzitetu mjerenom prosječnom frekvencijom srca (75% od maksimalne srčane frekvencije) nije zabilježen rast irizina u serumu po završetku tjeľovježbe (Pradas, Cádiz, Nestares, Martínez-Díaz i Carrasco, 2021). Također, autori su zabilježili statistički značajan rast BDNF-a samo u skupini žena. Ovakvi rezultati pripisuju se činjenici da je, usprkos trajanju ogleđa od 68 minuta, stvarno vrijeme igre iznosilo 28 minuta, te bi iz tog razloga intenzitet ovakvog ogleđa bio niži u odnosu na kontinuiranu aktivnost na 75% maksimalne srčane frekvencije (Pradas, Cádiz, Nestares, Martínez-Díaz i Carrasco, 2021).

Dündar (2019) utvrdio je utjecaj treninga rukometa u muških adolescenata. Za razliku od većine istraživanja uključenih u ovaj pregledni rad, Dündar (2019) je zabilježio gotovo dvostruko povećanje irizina u serumu, usprkos sličnom vremenu trajanja i broju i dobi ispitanika kao u istraživanju Arikana (2018). Ovakvu stršeću vrijednost treba uzeti s oprezom.

Uzevši u obzir mali broj ispitanika koji su sudjelovali u ova četiri istraživanja, zaključuje se kako je potrebno više istraživanja na više ispitanika, kako bi se mogli donijeti zaključci o utjecaju raznih sportova na razinu irizina u serumu.

#### 5.4 Akutni utjecaj tjeleovježbe na razinu irizina u serumu u životinjskim modelima

Brenmoehl i suradnici (2014) utvrdili su utjecaj submaksimalnog testa opterećenja na pokretnom sugu u miševa koji su bili selekcionirani generacijama za izvrsne izvedbe na pokretnom sugu (*engl.* Dummerstorf high treadmill performance). Miševi su u prosjeku istrčali malo više od pet kilometara, te je takav test uzrokovao značajan rast irizina i u serumu i u femoralnim mišićima miševa. Ovo je također prvo istraživanje koje je dokazalo postojanje irizina u miševima (Brenmoehl i sur., 2014).

Samy, Ismail i Nassra (2015) utvrdili su utjecaj plivanja u bazenu u štakora kojima je uteg (težak 5% njihove mase) bio pričvršćen za rep. Protokol je trajao sto minuta. U odnosu na sedentarnu kontrolnu skupinu, ovakav protokol uzrokovao je značajan rast irizina u serumu od gotovo 50% (Samy, Ismail i Nassra, 2015). Autori su utvrdili značajnu povezanost između razine kreatin kinaze u serumu i razine irizina u serumu, upućujući na to da mišićno oštećenje možda utječe na razinu irizina u serumu po završetku tjeleovježbe (Samy, Ismail i Nassra, 2015).

Czarkowska-Paczek, Zendzian-Piotrowska, Gala, Sobol i Paczek (2014) istraživali su utjecaj trčanja na pokretnom sugu u treniranoj i netreniranoj skupini štakora, odmah i tri sata nakon tjeleovježbe. Ustanovljeno je kako netrenirana skupina ima veću početnu razinu irizina u serumu u odnosu na treniranu, no nakon tjeleovježbe, razine irizina jednake su među skupinama (Czarkowska-Paczek, Zendzian-Piotrowska, Gala, Sobol i Paczek, 2014).

Pang i suradnici (2018) utvrdili su utjecaj trčanja na pokretnom sugu na razinu irizina u serumu u različitim vremenskim točkama po završetku tjeleovježbe. Pokazano je kako je serumska razina irizina značajno povećana u gotovo svim vremenskim točkama nakon tjeleovježbe, a najviše je povećana šest sati nakon tjeleovježbe. Autori su također utvrdili značajnu korelaciju ( $r=0,806$ ) između relativne ekspresije gena transkripcijskog koaktivatora PGC-1 alfa i ekspresije gena FNDC5, koji kodira za irizin (Pang i sur., 2018).

Farrash i suradnici (2021) utvrdili su akutni i kronični utjecaj trčanja na pokretnom sgu na razinu irizina u serumu u dvije skupine miševa, jednoj koja ima izvrsne prilagodbe na trening izdržljivosti i jednoj koja ima vrlo slabe prilagodbe na trening izdržljivosti. Prije tjeleovježbenog programa, tjeleovježba je uzrokovala značajan rast irizina u serumu u obje skupine (Farrash i sur., 2021). Po završetku programa, obje skupine imale su neznačajno više početne razine irizina u serumu. Akutna tjeleovježba na kraju programa uzrokovala je neznačajni rast irizina u

serumu u obje skupine, što se može pripisati višoj početnoj razini irizina u serumu (Farrash i sur., 2021).

Iz pregleda navedenih radova, može se zaključiti kako tjeleovježba tipa izdržljivosti submaksimalnog intenziteta uzrokuje rast irizina u serumu u životinjskim modelima.

Nekoliko ograničenja postoji u ovom preglednom radu. Prvo, postoji potencijalni problem mjerenja i detekcije irizina u serumu, pa tako Albrecht i suradnici (2015) navode kako je detekcija irizina u serumu možda produkt kros-reakcije nekog drugog proteina u serumu, a ne samog irizina. Drugo, diurnalne varijacije u razini irizina u serumu mogu utjecati na razinu irizina u serumu nakon tjeleovježbe. Tsuchiya, Ando, Takamatsu i Goto (2015) utvrdili su diurnalnu razinu irizina u periodu od 12 sati (od 8 ujutro do 8 navečer). U prosjeku, nije bilo značajnih razlika niti u jednoj vremenskoj točki, no postojala je varijacija između samih ispitanika i do 100 ng/mL u različitim vremenskim točkama. Ovakve razlike mogu utjecati na statističku značajnost razlike irizina u serumu prije i poslije tjeleovježbe. Treće, poznato je da pretili ljudi imaju veću početnu razinu irizina u odnosu na vitke ljude (Jia i sur., 2019), no nije dovoljno poznato postoje li razlike u početnim razinama irizina između muškaraca i žena, i kako te početne razlike mogu utjecati na razinu po završetku tjeleovježbe, te utjecaj nemasne mase tijela na početnu razinu irizina u serumu.

## 6. Zaključak

Nedovoljno su poznati akutni utjecaji različitih oblika tjelovježbe na razinu irizina u serumu. Kako bi se proveo pregledni rad literature, pretražene su baze podataka Web of Science i Scopus. Identificirano je 38 radova, od kojih su 32 provedena u ljudi, a ostalih 6 u životinjskih modela.

Većina istraživanja u ljudi provela je nekakav oblik protokola izdržljivosti (kontinuiranog ili intervalnog tipa). Vrlo mali broj istraživanja utvrđivao je utjecaj treninga s otporom ili igranja nekog sporta na razinu irizina u serumu.

Može se zaključiti kako provedba protokola izdržljivosti akutno povećava razinu irizina u serumu, barem u nekoj vremenskoj točki nakon tjelovježbe. Protokoli višeg intenziteta tendiraju izazvati veći rast irizina u serumu u odnosu na manje intenzivne aktivnosti. Kada je riječ o protokolima maksimalnog intenziteta moguć je pad razine irizina u serumu, iako je potrebno više istraživanja kako bi se donijeli čvršći zaključci.

U budućim istraživanjima potrebno je precizirati intenzitet protokola izdržljivosti koji može maksimalno povećati razinu irizina u serumu. Također, potrebno je više istraživanja koja bi utvrdila utjecaj raznih sportova na razinu irizina u serumu. Naposljetku, potrebno je više istraživanja na ženskih ispitanicama, posebice kada je riječ o treningu s otporom.

## 7. Literatura

- Albrecht, E., Norheim, F., Thiede, B., Holen, T., Ohashi, T., Schering, L., Lee, S., Brenmoehl, J., Thomas, S., Drevon, C. A., Erickson, H. P., & Maak, S. (2015). Irisin - a myth rather than an exercise-inducible myokine. *Scientific reports*, *5*, 8889. <https://doi.org/10.1038/srep08889>
- Algul, S., Ozdenk, C., & Ozelik, O. (2017). Variations in leptin, nesfatin-1 and irisin levels induced by aerobic exercise in young trained and untrained male subjects. *Biology of sport*, *34*(4), 339–344. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2017.69821>
- Aoi, W., Naito, Y., Takagi, T., Tanimura, Y., Takanami, Y., Kawai, Y., Skuma, K., Hang, L. P., Mizushima, K., Hirai, Y., Koyama, R., Wada, S., Higashi, A., Kokura, S., Ichikawa, H., & Yoshikawa, T. (2013). A novel myokine, secreted protein acidic and rich in cysteine (SPARC), suppresses colon tumorigenesis via regular exercise. *Gut*, *62*(6), 882–889. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2011-300776>
- Archundia-Herrera, C., Macias-Cervantes, M., Ruiz-Muñoz, B., Vargas-Ortiz, K., Kornhauser, C., & Perez-Vazquez, V. (2017). Muscle irisin response to aerobic vs HIIT in overweight female adolescents. *Diabetology & metabolic syndrome*, *9*, 101. <https://doi.org/10.1186/s13098-017-0302-5>
- Arikan, Ş. (2018). The effect of acute exercise and gender on the levels of irisin in elite athletes. *Physical Education of Students*, *22*(6), 304-307. <https://doi.org/10.15561/20755279.2018.0604>
- Baumann, C. W., Green, M. S., Doyle, J. A., Rupp, J. C., Ingalls, C. P., & Corona, B. T. (2014). Muscle injury after low-intensity downhill running reduces running economy. *Journal of strength and conditioning research*, *28*(5), 1212–1218. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000422>
- Bilski, J., Mazur-Bialy, A. I., Surmiak, M., Hubalewska-Mazgaj, M., Pokorski, J., Nitecki, J., Nitecka, E., Pokorska, J., Targosz, A., Ptak-Belowska, A., A Zoladz, J., & Brzozowski, T. (2020). Effect of Acute Sprint Exercise on Myokines and Food Intake Hormones in Young Healthy Men. *International journal of molecular sciences*, *21*(22), 8848. <https://doi.org/10.3390/ijms21228848>
- Bizjak, D. A., Zügel, M., Schumann, U., Tully, M. A., Dallmeier, D., Denking, M., & Steinacker, J. M. (2021). Do skeletal muscle composition and gene expression as well as



- acute exercise-induced serum adaptations in older adults depend on fitness status?. *BMC geriatrics*, 21(1), 697. <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02666-0>
- Blizzard LeBlanc, D. R., Rioux, B. V., Pelech, C., Moffatt, T. L., Kimber, D. E., Duhamel, T. A., Dolinsky, V. W., McGavock, J. M., & Sénéchal, M. (2017). Exercise-induced irisin release as a determinant of the metabolic response to exercise training in obese youth: the EXIT trial. *Physiological reports*, 5(23), e13539. <https://doi.org/10.14814/phy2.13539>
- Booth, F. W., Roberts, C. K., & Laye, M. J. (2012). Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. *Comprehensive Physiology*, 2(2), 1143–1211. <https://doi.org/10.1002/cphy.c110025>
- Boström, P., Wu, J., Jedrychowski, M. P., Korde, A., Ye, L., Lo, J. C., Rasbach, K. A., Boström, E. A., Choi, J. H., Long, J. Z., Kajimura, S., Zingaretti, M. C., Vind, B. F., Tu, H., Cinti, S., Højlund, K., Gygi, S. P., & Spiegelman, B. M. (2012). A PGC1- $\alpha$ -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature*, 481(7382), 463–468. <https://doi.org/10.1038/nature10777>
- Brenmoehl, J., Albrecht, E., Komolka, K., Schering, L., Langhammer, M., Hoeflich, A., & Maak, S. (2014). Irisin is elevated in skeletal muscle and serum of mice immediately after acute exercise. *International journal of biological sciences*, 10(3), 338–349. <https://doi.org/10.7150/ijbs.7972>
- Briken, S., Rosenkranz, S. C., Keminer, O., Patra, S., Ketels, G., Heesen, C., Hellweg, R., Pless, O., Schulz, K. H., & Gold, S. M. (2016). Effects of exercise on Irisin, BDNF and IL-6 serum levels in patients with progressive multiple sclerosis. *Journal of neuroimmunology*, 299, 53–58. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroim.2016.08.007>
- Brodal, P., Ingjer, F., & Hermansen, L. (1977). Capillary supply of skeletal muscle fibers in untrained and endurance-trained men. *The American journal of physiology*, 232(6), H705–H712. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1977.232.6.H705>
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 43(5), 313–338. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-x>
- Carnac, G., Ricaud, S., Vernus, B., & Bonnieu, A. (2006). Myostatin: biology and clinical relevance. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 6(7), 765–770. <https://doi.org/10.2174/138955706777698642>

- Castillo-Rodríguez, A., Alvero-Cruz, J.R., Hernández-Mendo, A., Fernández-García, J.C. (2014). Physical and physiological responses in Paddle Tennis competition. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(2), 524-534. <https://doi.org/10.1080/24748668.2014.11868740>
- Colaianni, G., Mongelli, T., Cuscito, C., Pignataro, P., Lippo, L., Spiro, G., Notarnicola, A., Severi, I., Passeri, G., Mori, G., Brunetti, G., Moretti, B., Tarantino, U., Colucci, S. C., Reseland, J. E., Vettor, R., Cinti, S., & Grano, M. (2017). Irisin prevents and restores bone loss and muscle atrophy in hind-limb suspended mice. *Scientific reports*, 7(1), 2811. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-02557-8>
- Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychological science*, 14(2), 125–130. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.t01-1-01430>
- Comassi, M., Vitolo, E., Pratali, L., Del Turco, S., Dellanoce, C., Rossi, C., Sntini, E., & Solini, A. (2015). Acute effects of different degrees of ultra-endurance exercise on systemic inflammatory responses. *Internal medicine journal*, 45(1), 74–79. <https://doi.org/10.1111/imj.12625>
- Czarkowska-Paczek, B., Zendzian-Piotrowska, M., Gala, K., Sobol, M., & Paczek, L. (2014). One session of exercise or endurance training does not influence serum levels of irisin in rats. *Journal of physiology and pharmacology : an official journal of the Polish Physiological Society*, 65(3), 449–454.
- Daskalopoulou, S. S., Cooke, A. B., Gomez, Y. H., Mutter, A. F., Filippaios, A., Mesfum, E. T., & Mantzoros, C. S. (2014). Plasma irisin levels progressively increase in response to increasing exercise workloads in young, healthy, active subjects. *European journal of endocrinology*, 171(3), 343–352. <https://doi.org/10.1530/EJE-14-0204>
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., Lambourne, K., & Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(6), 1197–1222. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901>
- Dündar, A. (2019). Effect of Acute Handball Training on Irisin, Leptin and Some Biochemical Parameters for Adolescence Handball Players. *Universl Journal of Educational Research*, 7(2), 318 - 322. doi: 10.13189/ujer.2019.070202.

- Farrash, W. F., Phillips, B. E., Britton, S. L., Qi, N., Koch, L. G., Wilkinson, D. J., Smith, K., & Atherton, P. J. (2021). Myokine Responses to Exercise in a Rat Model of Low/High Adaptive Potential. *Frontiers in endocrinology*, *12*, 645881. <https://doi.org/10.3389/fendo.2021.645881>
- Febbraio, M. A., Hiscock, N., Scchetti, M., Fischer, C. P., & Pedersen, B. K. (2004). Interleukin-6 is a novel factor mediating glucose homeostasis during skeletal muscle contraction. *Diabetes*, *53*(7), 1643–1648. <https://doi.org/10.2337/diabetes.53.7.1643>
- Halouani, J., Chtourou, H., Gabbett, T., Chaouachi, A., & Chamari, K. (2014). Small-sided games in team sports training: a brief review. *Journal of strength and conditioning research*, *28*(12), 3594–3618. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000564>
- He, Z., Tian, Y., Valenzuela, P. L., Huang, C., Zhao, J., Hong, P., He, Z., Yin, S., & Lucia, A. (2019). Myokine/Adipokine Response to "Aerobic" Exercise: Is It Just a Matter of Exercise Load?. *Frontiers in physiology*, *10*, 691. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00691>
- He, Z., Tian, Y., Valenzuela, P. L., Huang, C., Zhao, J., Hong, P., He, Z., Yin, S., & Lucia, A. (2018). Myokine Response to High-Intensity Interval vs. Resistance Exercise: An Individual Approach. *Frontiers in physiology*, *9*, 1735. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.0173>
- Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews. Neuroscience*, *9*(1), 58–65. <https://doi.org/10.1038/nrn2298>
- Huh, J. Y., Mougios, V., Kabaskalis, A., Fatouros, I., Siopi, A., Douroudos, I. I., Filippaios, A., Panagiotou, G., Park, K. H., & Mantzoros, C. S. (2014). Exercise-induced irisin secretion is independent of age or fitness level and increased irisin may directly modulate muscle metabolism through AMPK activation. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, *99*(11), E2154–E2161. <https://doi.org/10.1210/jc.2014-1437>
- Huh, J. Y., Mougios, V., Skraparlis, A., Kabaskalis, A., & Mantzoros, C. S. (2014). Irisin in response to acute and chronic whole-body vibration exercise in humans. *Metabolism: clinical and experimental*, *63*(7), 918–921. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2014.04.001>
- Ingjer, F., & Brodal, P. (1978). Capillary supply of skeletal muscle fibers in untrained and endurance-trained women. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, *38*(4), 291–299. <https://doi.org/10.1007/BF00423112>

- Jia, J., Yu, F., Wei, W. P., Yang, P., Zhang, R., Sheng, Y., & Shi, Y. Q. (2019). Relationship between circulating irisin levels and overweight/obesity: A meta-analysis. *World journal of clinical cases*, 7(12), 1444–1455. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v7.i12.1444>
- Jürimäe, J., Purge, P., & Tillmann, V. (2021). Serum sclerostin and cytokine responses to prolonged sculling exercise in highly-trained male rowers. *Journal of sports sciences*, 39(5), 591–597. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1837428>
- Jürimäe, J., Vaikar, S., Purge, P., & Tillmann, V. (2021). Irisin, Fibroblast Growth Factor-21, and Follistatin Responses to Endurance Rowing Training Session in Female Rowers. *Frontiers in physiology*, 12, 689696. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.689696>
- Kabak, B., Belviranlı, M., & Okudan, N. (2018). Irisin and myostatin responses to acute high-intensity interval exercise in humans. *Hormone molecular biology and clinical investigation*, 35(3), /j/hmbci.2018.35.issue-3/hmbci-2018-0008/hmbci-2018-0008.xml. <https://doi.org/10.1515/hmbci-2018-0008>
- Kanzleiter, T., Rath, M., Görgens, S. W., Jensen, J., Tangen, D. S., Kolnes, A. J., Kolnes, K. J., Lee, S., Eckel, J., Schürmann, A., & Eckardt, K. (2014). The myokine decorin is regulated by contraction and involved in muscle hypertrophy. *Biochemical and biophysical research communications*, 450(2), 1089–1094. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2014.06.123>
- Kohl, H. W., 3rd, Craig, C. L., Lambert, E. V., Inoue, S., Alkandari, J. R., Leetongin, G., Kahlmeier, S., & Lancet Physical Activity Series Working Group (2012). The pandemic of physical inactivity: global action for public health. *Lancet (London, England)*, 380(9838), 294–305. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)60898-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60898-8)
- Lee, H. J., Lee, J. O., Kim, N., Kim, J. K., Kim, H. I., Lee, Y. W., Kim, S. J., Choi, J. I., Oh, Y., Kim, J. H., Suyeon-Hwang, Park, S. H., & Kim, H. S. (2015). Irisin, a Novel Myokine, Regulates Glucose Uptake in Skeletal Muscle Cells via AMPK. *Molecular endocrinology (Baltimore, Md.)*, 29(6), 873–881. <https://doi.org/10.1210/me.2014-1353>
- Löffler, D., Müller, U., Scheuermann, K., Friebe, D., Gesing, J., Bielitz, J., Erbs, S., Landgraf, K., Wagner, I. V., Kiess, W., & Körner, A. (2015). Serum irisin levels are regulated by acute strenuous exercise. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 100(4), 1289–1299. <https://doi.org/10.1210/jc.2014-2932>

- MacDonald, C., Wojtaszewski, J. F., Pedersen, B. K., Kiens, B., & Richter, E. A. (2003). Interleukin-6 release from human skeletal muscle during exercise: relation to AMPK activity. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, *95*(6), 2273–2277. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00242.2003>
- Marcucci-Barbosa, L.S., Martins-Junior, F., Lobo, L.F., Lobo, L.F., Morais, G.M., Moreira, J.M., Vieira, E.L.M, Nunes-Silva, A. (2020). 10 km running race induces an elevation in the plasma myokine level of nonprofessional runners. *Sport Sciences for Health*, *16*, 313-321. <https://doi.org/10.1007/s11332-019-00608-3>
- Miura, T., Kishioka, Y., Wakamatsu, J., Hattori, A., Hennebry, A., Berry, C. J., Sharma, M., Kambadur, R., & Nishimura, T. (2006). Decorin binds myostatin and modulates its activity to muscle cells. *Biochemical and biophysical research communications*, *340*(2), 675–680. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2005.12.060>
- Moienneia, N., & Hosseini, S.R.A. (2016). Acute and chronic responses of metabolic myokine to different intensities of exercise in sedentary young women. *Obesity Medicine*, *1*, 15-20. <https://doi.org/10.1016/j.obmed.2015.12.002>
- Norheim, F., Langlete, T. M., Hjorth, M., Holen, T., Kielland, A., Stadheim, H. K., Gulseth, H. L., Birkeland, K. I., Jensen, J., & Drevon, C. A. (2014). The effects of acute and chronic exercise on PGC-1 $\alpha$ , irisin and browning of subcutaneous adipose tissue in humans. *The FEBS journal*, *281*(3), 739–749. <https://doi.org/10.1111/febs.12619>
- Ozbay, S., Ulupinar, S., Şebin, E., & Altınkaynak, K. (2020). Acute and chronic effects of aerobic exercise on serum irisin, adropin, and cholesterol levels in the winter season: Indoor training versus outdoor training. *The Chinese journal of physiology*, *63*(1), 21–26. [https://doi.org/10.4103/CJP.CJP\\_84\\_19](https://doi.org/10.4103/CJP.CJP_84_19)
- Ozcelik, O., Algul, S., & Yilmaz, B. (2018). Nesfatin-1 and irisin levels in response to the soccer matches performed in morning, afternoon and at night in young trained male subjects. *Cellular and molecular biology (Noisy-le-Grand, France)*, *64*(10), 130–133.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ (Clinical research ed.)*, *372*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

- Pang, M., Yang, J., Rao, J., Wang, H., Zhang, J., Wang, S., Chen, X., & Dong, X. (2018). Time-Dependent Changes in Increased Levels of Plasma Irisin and Muscle PGC-1 $\alpha$  and FNDC5 after Exercise in Mice. *The Tohoku journal of experimental medicine*, 244(2), 93–103. <https://doi.org/10.1620/tjem.244.93>
- Pedersen B. K. (2007). IL-6 signalling in exercise and disease. *Biochemical Society transactions*, 35(Pt 5), 1295–1297. <https://doi.org/10.1042/BST0351295>
- Pedersen, B. K., & Febbraio, M. A. (2012). Muscles, exercise and obesity: skeletal muscle as a secretory organ. *Nature reviews. Endocrinology*, 8(8), 457–465. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2012.49>
- Perakakis, N., Triantafyllou, G. A., Fernández-Real, J. M., Huh, J. Y., Park, K. H., Seufert, J., & Mantzoros, C. S. (2017). Physiology and role of irisin in glucose homeostasis. *Nature reviews. Endocrinology*, 13(6), 324–337. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2016.221>
- Phillips, C., Baktir, M. A., Srivatsn, M., & Slehi, A. (2014). Neuroprotective effects of physical activity on the brain: a closer look at trophic factor signaling. *Frontiers in cellular neuroscience*, 8, 170. <https://doi.org/10.3389/fncel.2014.00170>
- Pradas, F., Cádiz, M. P., Nestares, M. T., Martínez-Díaz, I. C., & Carrasco, L. (2021). Effects of Padel Competition on Brain Health-Related Myokines. *International journal of environmental research and public health*, 18(11), 6042. <https://doi.org/10.3390/ijerph18116042>
- Qiu, S., Bosnyák, E., Treff, G., Steinacker, J. M., Nieß, A. M., Krüger, K., Mooren, F. C., Zügel, M., & Schumann, U. (2018). Acute exercise-induced irisin release in healthy adults: Associations with training status and exercise mode. *European journal of sport science*, 18(9), 1226–1233. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1478452>
- Qiu, S., Cai, X., Yin, H., Zügel, M., Sun, Z., Steinacker, J. M., & Schumann, U. (2016). Association between circulating irisin and insulin resistance in non-diabetic adults: A meta-analysis. *Metabolism: clinical and experimental*, 65(6), 825–834. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2016.02.006>
- Quinn, L. S., Anderson, B. G., Conner, J. D., & Wolden-Hanson, T. (2015). Circulating irisin levels and muscle FNDC5 mRNA expression are independent of IL-15 levels in mice. *Endocrine*, 50(2), 368–377. <https://doi.org/10.1007/s12020-015-0607-9>

- Reycraft, J. T., Islam, H., Townsend, L. K., Hayward, G. C., Hazell, T. J., & Macpherson, R. (2020). Exercise Intensity and Recovery on Circulating Brain-derived Neurotrophic Factor. *Medicine and science in sports and exercise*, 52(5), 1210–1217. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002242>
- Richardson, R. S., Wagner, H., Mudaliar, S. R., Henry, R., Noyszewski, E. A., & Wagner, P. D. (1999). Human VEGF gene expression in skeletal muscle: effect of acute normoxic and hypoxic exercise. *The American journal of physiology*, 277(6), H2247–H2252. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1999.277.6.H2247>
- Richter, E. A., & Hargreaves, M. (2013). Exercise, GLUT4, and skeletal muscle glucose uptake. *Physiological reviews*, 93(3), 993–1017. <https://doi.org/10.1152/physrev.00038.2012>
- Saely, C. H., Geiger, K., & Drexel, H. (2012). Brown versus white adipose tissue: a mini-review. *Gerontology*, 58(1), 15–23. <https://doi.org/10.1159/000321319>
- Samy, D. M., Ismail, C. A., & Nassra, R. A. (2015). Circulating irisin concentrations in rat models of thyroid dysfunction -- effect of exercise. *Metabolism: clinical and experimental*, 64(7), 804–813. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2015.01.001>
- Serbest, S., Tiftikçi, U., Tosun, H. B., & K1s, Ü. (2017). The Irisin Hormone Profile and Expression in Human Bone Tissue in the Bone Healing Process in Patients. *Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research*, 23, 4278–4283. <https://doi.org/10.12659/msm.906293>
- Severinsen, M., & Pedersen, B. K. (2020). Muscle-Organ Crosstalk: The Emerging Roles of Myokines. *Endocrine reviews*, 41(4), 594–609. <https://doi.org/10.1210/endrev/bnaa016>
- Szumilewicz, A., Worska, A., Piernicka, M., Kuchta, A., Jastrzębski, Z., Radzimiński, Ł., Kozłowska, M., Micielska, K., & Ziemann, E. (2019). Acute Postexercise Change in Circulating Irisin Is Related to More Favorable Lipid Profile in Pregnant Women Attending a Structured Exercise Program and to Less Favorable Lipid Profile in Controls: An Experimental Study with Two Groups. *International journal of endocrinology*, 2019, 1932503. <https://doi.org/10.1155/2019/1932503>
- Taekema, D. G., Gussekloo, J., Maier, A. B., Westendorp, R. G., & de Craen, A. J. (2010). Handgrip strength as a predictor of functional, psychological and social health. A prospective population-based study among the oldest old. *Age and ageing*, 39(3), 331–337. <https://doi.org/10.1093/ageing/afq022>

- Tsai, C. L., Pan, C. Y., Tseng, Y. T., Chen, F. C., Chang, Y. C., & Wang, T. C. (2021). Acute effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous exercise on BDNF and irisin levels and neurocognitive performance in late middle-aged and older adults. *Behavioural brain research*, *413*, 113472. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2021.113472>
- Tsuchiya, Y., Ando, D., Goto, K., Kiuchi, M., Yamakita, M., & Koyama, K. (2014). High-intensity exercise causes greater irisin response compared with low-intensity exercise under similar energy consumption. *The Tohoku journal of experimental medicine*, *233*(2), 135–140. <https://doi.org/10.1620/tjem.233.135>
- Tsuchiya, Y., Ando, D., Takamatsu, K., & Goto, K. (2015). Resistance exercise induces a greater irisin response than endurance exercise. *Metabolism: clinical and experimental*, *64*(9), 1042–1050. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2015.05.010>
- Wagner P. D. (2011). The critical role of VEGF in skeletal muscle angiogenesis and blood flow. *Biochemical Society transactions*, *39*(6), 1556–1559. <https://doi.org/10.1042/BST20110646>
- Wang, D., Yao, J., Zirek, Y., Reijnierse, E. M., & Maier, A. B. (2020). Muscle mass, strength, and physical performance predicting activities of daily living: a meta-analysis. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, *11*(1), 3–25. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12502>
- Wiecek, M., Szymura, J., Maciejczyk, M., Kantorowicz, M., & Szygula, Z. (2018). Acute Anaerobic Exercise Affects the Secretion of Asprosin, Irisin, and Other Cytokines - A Comparison Between Sexes. *Frontiers in physiology*, *9*, 1782. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01782>
- World Health Organization (9. lipnja 2021). *Obesity and overweight*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Wrann, C. D., White, J. P., Slogiannnis, J., Laznik-Bogoslavski, D., Wu, J., Ma, D., Lin, J. D., Greenberg, M. E., & Spiegelman, B. M. (2013). Exercise induces hippocampal BDNF through a PGC-1 $\alpha$ /FNDC5 pathway. *Cell metabolism*, *18*(5), 649–659. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2013.09.008>
- Zhu, X., Li, X., Wang, X., Chen, T., Tao, F., Liu, C., Tu, Q., Shen, G., & Chen, J. J. (2021). Irisin deficiency disturbs bone metabolism. *Journal of cellular physiology*, *236*(1), 664–676. <https://doi.org/10.1002/jcp.29894>



Zügel, M., Qiu, S., Laszlo, R., Bosnyák, E., Weigt, C., Müller, D., Diel, P., Steinacker, J. M., & Schumann, U. (2016). The role of sex, adiposity, and gonadectomy in the regulation of irisin secretion. *Endocrine*, *54*(1), 101–110. <https://doi.org/10.1007/s12020-016-0913-x>