

**»56. srečanje mladih raziskovalcev
Slovenije 2022«**

Vpliv energijskih pijač na hitrost regeneracije srčnega utripa

Druga področja
Šport

Raziskovalna naloga

Šola: II. Gimnazija Maribor

Avtorici: Metka Supej in Brina Poropat

Mentorja: prof. Katja Holnhaner Zorec in Gregor Jakopič

Maribor, 2022

POVZETEK

Hitrost regeneracije srčnega utripa (heart recovery rate, HRR) predstavlja močan prognostični podatek, ki ga je relativno enostavno izmeriti in se v zadnjem času vse bolj uporablja za spremljanje napredovanja kardiovaskularne kondicije treniranih športnikov. Namen raziskovalne naloge je bil ugotoviti ali obstaja statistično značilna razlika v učinkovitosti športne aktivnosti po zaužitju energijske pijače v primerjavi z njegovim rezultatom, ko energijske pijače ni zaužil. Raziskava je temeljila na eksperimentalni udeležbi moških subjektov starosti 17-18 let v standardizirani športni aktivnosti aerobne vadbe. Testirance smo kategorizirali kot športno aktivne in športno neaktivne na podlagi V_{02} max parametra, ki smo ga izmerili s stopnjevano športno aktivnostjo ali Beep testom. Tako kategorizirani subjekti so konzumirali energijsko pijačo z vsebnostjo kofeina, sladkorja in taurina in pijačo, ki je delovala kot placebo učinek ter so izvajali športno aktivnost (simulacija veslanja), po kateri smo merili HRR in primerjali učinek na obe eksperimentalni skupini. Po končani raziskavi lahko strnemo, da za dijake, ki se profesionalno ne ukvarjajo s športom, energijske pijače v zmernih količinah nimajo vidnega vpliva na njihovo regeneracijo srčnega utripa.

KAZALO

POVZETEK	3
KAZALO	5
KAZALO TABEL	9
ZAHVALA	11
1 UVOD	15
1.1 Namen	15
1.2 Raziskovalno vprašanje.....	15
1.3 Hipoteze in njihova razлага.....	16
2 PREGLED LITERATURE	17
2.1 Srce.....	17
2.1.1 Anatomija srca	17
2.1.2 Fiziologija srca	17
2.1.3 Regeneracija srčnega utripa (HRR).....	18
2.1.4 Športna prilagoditev srca	19
2.2 Energijske pijače in njihov vpliv na telo.....	19
2.2.2 Kofein	19
2.2.3 Sladkor.....	22
2.2.4 Tavrin	23
2.3 Določanje maksimalne porabe kisika – VO₂ max.....	24
3 EKSPERIMENT	25
3.1 Metodologija.....	25
3.1.1 Beep test – določanje maksimalne porabe kisika – VO₂ max	26
3.1.2 Simulacija treninga pred merjenjem HRR	27
3.1.3 Merjenje HRR.....	29
3.1.4 Pijače	29
3.1.5. Statistična obdelava	30
4 REZULTATI	31
4.1. Določanje maksimalne porabe kisika (VO₂ max)	31
4.2 Izračun HRR	32
4.2.1 HRRs – 1	32
4.2.2. HRR%	33
4.3 Raziskovalno vprašanje 1.....	34

4.4. Raziskovalno vprašanje 2	35
4.5. Raziskovalno vprašanje 3	36
5 RAZPRAVA	38
5.1 Hipoteza 1	38
5.2 Hipoteza 2	38
5.3 Hipoteza 3	39
6 DRUŽBENA ODGOVORNOST	40
7 ZAKLJUČEK	41
PRILOGE	42
VIRI IN LITERATURA	46
BIBLIOGRAFIJA.....	48

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Izračunan VO ₂ max po posameznikih.....	31
Graf 2: Povprečen procentualni padec srčnega utripa med športno aktivnimi in športno neaktivnimi dijaki vsakih 30 s.	34
Graf 3: Primerjava procentualnega padca srčnega utripa ob predhodnem zaužitju placeba in energijske pijače vsakih 30 sekund.....	35
Graf 4: Primerjava vpliva energijske pijače na športno aktivne in športno neaktivne na vsakih 30 s.....	36

KAZALO TABEL

Tabele 1: Razdelitev testirancev na športno aktivne in neaktivne z mediano glede na VO _{2max}	31
Tabele 2: Meritve HR v časovnih intervalih testiranca št. 1	32
Tabele 3: Meritve HR in sprememba HR v časovnih intervalih testiranca št. 1	33
Tabele 4: Meritve HR, sprememba HR in procentna sprememba HR v časovnih intervalih testiranca št. 1.....	33
Tabele 5: Primerjava rezultatov meritve regeneracije srčnega utripa med športno aktivnimi in neaktivnimi dijaki	34
Tabele 6: Povprečen procentualni padec srčnega utripa med športno aktivnimi in športno neaktivnimi dijaki vsakih 30 s.	35
Tabele 7: Parni T test, izračuna statistično značilno razliko zgolj v intervalu 0-30s.....	36
Tabele 8: Levenov test ne pokaže statistično značilnih razlik	37

ZAHVALA

Zahvalili bi se radi najinima mentorjema, ki sta naju spodbujala, podpirala in usmerjala, osebi, ki naju je seznanila z osnovami statistične obdelave podatkov, profesorjem športa, ki so nama bili pripravljeni odstopiti del telovadnice, športnemu klubu za posojo veslaških trenažerjev in seveda vsem dijakom, ki so bili pripravljeni sodelovati v eksperimentu.

1 UVOD

Energijske pijače so dandanes razširjene po celi svetu in prisotne v vsakodnevni življenju. Gre za vrsto pijače, ki vsebuje stimulativne spojine in se trži za izboljšanje kognitivne in fizične sposobnosti. Industrija energetskih pijač kljub regulativnim in zdravstvenim izzivom še naprej donosno raste. Red Bull, Monster in Rockstar so le nekatere izmed najbolj priljubljenih blagovnih znamk energijskih pijač na svetu. Bežen pregled različnih izdelkov na trgu razkrije, da primarne sestavine energijskih pijač po večini vključujejo, vendar niso nujno omejene na: kofein, taurin, gvarano, glukuronolakton, sladkor in različne aminokisline ali derivate aminokislín. Reklamna strategija proizvajalcev je v veliki meri odvisna od sponzoriranja športnih dogodkov in ekstremnih športnikov. Z naraščajočo razširjenostjo uporabe ergogenih pripomočkov se številni športniki za izboljšanje zmogljivosti poslužujejo uživanja energijskih pijač. Toda s širjenjem trga teh pijač se povečuje tudi zaskrbljenost glede pijač, ki so povezane s srčnimi in nevrološkimi težavami, pa tudi zaradi slabega duševnega zdravja in uživanja substanc med najstniki. Vpliv energijskih pijač pa še zmeraj ni točno določen. Zaradi vse večje uporabe med mladimi športniki smo se odločili raziskati vpliv energijskih pijač v športu. Kot pokazatelj učinkovitosti pijač smo izbrali aktualno in zanimivo metodo merjenja. Ugotavljalni smo namreč vpliv energijskih pijač na hitrost regeneracije srčnega utripa (heart recovery rate, HRR), kar predstavlja močan prognostični podatek, ki ga je relativno enostavno izmeriti in se v zadnjem času vse bolj uporablja za spremljanje napredovanja kardiovaskularne kondicije treniranih športnikov.

1.1 Namen

Namen raziskovalne naloge je ugotoviti ali obstaja statistično značilna razlika v regeneraciji srčnega utripa mladostnikov po športni aktivnosti po zaužitju energijske pijače v primerjavi z regeneracijo srčnega utripa, ko energijska pijača ni bila zaužita.

1.2 Raziskovalno vprašanje

Kakšne so razlike v hitrosti regeneracije srčnega utripa med športno aktivnimi in neaktivnimi dijaki?

Kakšen je vpliv energijskih pijač na hitrost regeneracije srčnega utripa pri dijakih?

Ali obstajajo po zaužitju energijskih pijač razlike v regeneraciji srčnega utripa med športno aktivnimi in neaktivnimi dijaki?

1.3 Hipoteze in njihova razлага

Hipoteze:

- Pri športno aktivnih dijakih bo regeneracija srčnega utripa hitrejša kot pri športno neaktivnih dijakih.**

Športniki imajo nižjo frekvenco v mirovanju zaradi povečanega tonusa parasympatičnega živčevja, ki pa je tudi mehanizem nižanja frekvence po končani športni aktivnosti.

- Vnos energijskih pijač bo skrajšal čas regeneracije srčnega utripa.**

Večje količine kofeina, ki ga vsebujejo energijske pijače, dokazano izboljšajo delovanje kardiovaskularnega sistema med športno aktivnostjo in tako bo organizem manj obremenjen in bo potrebna krajska regeneracija.

- Pri športno neaktivnih bo večji vpliv energijskih pijač na regeneracijo srčnega utripa, kot pri športno aktivnih.**

Športno srce ima strukturne in funkcijalne prilagoditve, ki maksimalizirajo izkoristek, s tem ostane manj manevrskega prostora za dodatne prilagoditve in vplive farmakoloških substanc, za razliko so pri športno neprilagojenih srcih te neizkorisčene rezerve večje.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 Srce

2.1.1 Anatomija srca

Srce je ritmično utripajoči organ obtočilnega sistema, ki kot štirismerna dvojna črpalka poganja kri po telesu in je središče krvnega obtoka.

Nahaja se med obema pljučnima kriloma, nekoliko levo od sredine, za prsnico; leži na diafragmi, mišični pregradi med prsnim košem in trebušno votlino. Srce obdaja osrčnik, sestavljen pa je iz dveh delov; širše baze (basis), kjer žile vstopajo in izstopajo ter vrha (apex) srca. Velikost srca lahko primerjamo z pestjo roke. (1)

Srce je sestavljeno iz večih plasti trpežne mišične stene, miokarda. Tanka plast tkiva, perikardij, pokriva zunanjost, druga plast, endokard, pa notranjost. Srčna votlina je s srčnim pretinom razdeljena na levo in desno srce, vsako od teh se deli v dve votlini, kar omogoča popolno ločitev pljučnega in sistemskega obtoka. Zgornja votlina se imenuje atrij oz. preddvor, spodnja votlina pa ventrikel oz. prekat.

2.1.2 Fiziologija srca

Desni atrij sprejema vensko kri (osiromašeno s kisikom) iz glave, prsnega koša in rok po veliki veni, imenovani zgornja votla vena (lat. *Superior vena cava*) in prejema kri iz trebuha, medeničnega predela in nog po spodnji votli veni (lat. *Inferior vena cava*). Nato kri preide skozi trikuspidalno zaklopko v desni prekat, ki jo kontrakcija srčne mišice požene skozi pljučno arterijo (lat. *Truncus pulmonalis*) do pljuč. V pljučih, venska kri, pride v stik z vdihanim zrakom in z difuzijo kisik preide v kri, CO₂ pa iz krvi v zrak. Oksigenirana kri se po pljučnih žilah vrne v levi atrij. Zaklopke, ki ločujejo srčne votline, omogočajo pretok krvi samo v eno smer in pomagajo vzdrževati tlak, potreben za črpanje krvi. (41)

Črpanje srca ali srčni utrip povzročajo izmenični krči in sprostitevi miokarda. Te kontrakcije spodbujajo električni impulzi srčnega ritmovnika, sinoatrijskega (SA) vozla, ki se nahaja v mišici desnega atrija. Impulz iz SA vozla povzroči, da se atrija skrčita, kar požene kri v prekate. Krčenje prekatov nadzirajo impulzi iz atrioventrikularnega (AV) vozla, ki se nahaja v srčnem pretinu na stičišču obeh preddvorov. Po krčenju se votline sprostijo in tlak v njih pade.

Kri spet steče v atrije in impulz iz SA vozla začne cikel znova. Ta proces se imenuje srčni cikel. Obdobje sprostitev se imenuje diastola, obdobje krčenja pa sistola. (2)

Pri ljudeh se povprečni srčni utrip postopoma zmanjšuje od rojstva (ko je v povprečju 130) do mladostništva, vendar se v starosti nekoliko poveča; povprečni srčni utrip odraslih je 70 utripov na minuto v mirovanju. Pulz se začasno poveča med vadbo, čustvenim vznemirjenjem in povišano telesno temperaturo ter se zmanjša med spanjem. Trenirani atleti imajo signifikantno nižjo srčno frekvenco, ki je posledica fizio-anatomske prilagoditve kardiovaskularnega sistema na izdatne športne aktivnosti, podrobneje sva to opisali v poglavju o športni prilagoditvi. (2)

2.1.3 Regeneracija srčnega utripa (HRR)

Za lažjo predstavo pomena regeneracije srčnega utripa smo v nadaljevanju prikazali primer na športniku. Na enem izmed treningov v telovadnici veslač spremišča svoj srčni utrip, ki je pred pričetkom vadbe 62 utripov na minuto. Sede na veslaški simulator in prične s treningom. Po 10 minutah z veslanjem preneha in njegov utrip je 165 utripov na minuto. Ko se ustavi, njegov SA (sinoatrialni) vozel začne zmanjševati pogostost akcijskih potencialov in s tem začne utrip postopoma padati. Veslač vsako minuto preveri svoj utrip, ki se po 6 minutah vrne v prvotno stanje oziroma 62 utripov na minuto. Ta časovni interval padanja srčnega utripa po fizični aktivnosti imenujemo regeneracija srčnega utripa in je podatek, na podlagi katerega lahko športnik ali njegov trener oceni stopnjo telesne pripravljenosti vadečega.

Regeneracija srčnega utripa (HRR) je opredeljeno kot hitrost, pri kateri se srčni utrip zmanjša v prvih minutah po prenehanju telesne vadbe in izraža dinamično ravnotesje in usklajeno medsebojno delovanje med parasimpatično reaktivacijo in umikom simpatika. Kot enostavna in neinvazivna ocena delovanja avtonomnega živčnega sistema, ki lahko kaže na sposobnost prilagajanja na vadbene dražljaje, je HRR deležen velikega zanimanja in se pogosto uporablja kot vodilo za spremiščanje sprememb v telesni pripravljenosti in treningu stanje. HRR je pomemben podatek tako v procesu športnega treniranja, kot pomoč pri zaznavanju težav v medicini. (3)

Padec srčnega utripa takoj po vadbi se šteje za funkcijo ponovne aktivacije parasimpatičnega živčnega sistema.

2.1.4 Športna prilagoditev srca

Dolgotrajna intenzivna redna telesna vadba povzroča na srcu prilagoditve, ki omogočajo zadovoljitev povečanih potreb po kisiku med velikimi telesnimi naporji. Prilagoditve so funkcijске in strukturne in jih s skupnim imenom imenujemo športno srce. Odvisne so od intenzivnosti in vrste telesne vadbe, starosti, spola, velikosti in rase športnikov, pa tudi genske zasnove. Funkcijске prilagoditve se kažejo kot povišana vzdražnost parasympatičnega živčevja, strukturne pa predvsem kot blaga (do zmerna) hipertrofija levega prekata in kot povečanje vseh srčnih votlin. (42)

Takšno srce je sposobno prečrpati več volumna krvi v dani časovni enoti in tako v mirovanju potrebuje manj utripov za dosego bazalnih potreb telesa v primerjavi z neprilagojenim srcem. Neposredna posledica tega je nižji srčni utrip športnikov, medtem ko je normalni srčni utrip 60-100 udarcev/min pa visoko trenirani športniki dosegajo tudi tako nizko kot je 30-40 udarcev/min. Medtem ko bo med obremenitvijo športno srce ob enaki frekvenci prečrpal veliko več krvi in s tem zagotovilo višjo športno zmožnost. (42)

2.2 Energijske pijače in njihov vpliv na telo

Energijske pijače se široko promovirajo kot izdelki, ki povečujejo energijo, mentalno budnost in telesno zmogljivost.

Spolno gledano se energijske pijače delijo v dve vrsti. Prva se prodaja v večjih pločevinkah ali plastenkah, v podobnih količinah kot običajne brezalkoholne pijače, na primer 470 ml. Druga vrsta, imenovana "energy shots", se prodaja v majhnih embalažah s prostornino od 60 do 75 ml in se tržijo kot prehranska dopolnila. Te energijske pijače vsebujejo namreč veliko večjo koncentracijo učinkovin. Kofein je glavna sestavina obeh vrst energijskih pijač - v količini od 70 do 240 mg v 470 ml pijačah in 113 do 200 mg v "energy shots". (Za primerjavo, 350 ml pločevinka kole vsebuje približno 35 mg kofeina, skodelica kave - 230 ml pa približno 100 mg.) Energijske pijače lahko vsebujejo tudi druge sestavine, kot je guarana (včasih drug vir kofeina imenovan brazilski kakav), sladkorji, tavrin, ginseng, vitamini B, glukuronolakton, johimbe , karnitin in grenka pomaranča. (3)

2.2.2 Kofein

Energijske pijače lahko vsebujejo visoko vsebnost kofeina, običajno približno 80 miligramov (mg) kofeina v majhni 250-mililitrski pločevinki - kar lahko najdete v dveh ali treh pločevinkah kole ali vrčku instant kave. Na voljo so tudi večje 500-mililitrske pločevinke, ki vsebujejo

približno 160 mg kofeina. Nekateri manjši izdelki, ki vsebujejo energijsko pijačo, lahko vsebujejo od 80 mg do 160 mg kofeina v steklenički s 60 mililitri. (4)

Kofein je naravno prisotna kemična spojina, ki jo najdemo v vsaj 63 rastlinskih vrstah, najbolj znani produkti pa so kava, čaj, kakav in guarana. Ko ga ljudje zaužijejo, kofein stimulira osrednji živčni sistem, v zmernih odmerkih pa poveča budnost in zmanjšuje zaspanost. (5)

Ima številne fiziološke učinke, vključno s kardiovaskularnimi, dihalnimi in gladkimi mišičnimi ter učinkuje na razpoloženje, spomin, budnost ter telesno in kognitivno zmogljivost. V čisti obliki je grenak bel prah. (5)

2.2.2.1 Mehanizmi delovanja

Kofein deluje kot inhibitor adenzinskih receptorjev in posledično preprečuje pojav zaspanosti, ki jo povzroča adenosin. (6) Adenzinski receptorji so družina z G-proteinom sklopljenih receptorjev, ki se nahajajo široko razširjeni v skoraj vseh človeških telesnih tkivih in organih. Do danes je znano, da sodelujejo v številnih fiziopatoloških odzivih, ki vključujejo vazodilatacijo, bolečino in vnetje. (7)

Kofein se reverzibilno veže na beljakovine v plazmi, kar vodi do povečane lipolize in povečanja koncentracije prostih maščobnih kislin v plazmi. (8)

2.2.2.2 Učinki kofeina

Učinki kofeina na aktivnost natrijeve-kalijeve-adenozin-trifosfatne črpalke vodijo do zmanjšanja koncentracije kalija v plazmi in vplivajo na depolarizacijsko-repolarizacijski proces med vadbo s potencialnimi učinki na fino motorično koordinacijo.(9)

Kofein je dokazano ergogena pomoč pri ljudeh. Izboljša atletske rezultate v aerobnih (zlasti vzdržljivostnih športih) in anaerobnih pogojih. Zmerni odmerki kofeina (približno 5 mg / kg) lahko izboljšajo šprintersko zmogljivost, kolesarske in tekaške preizkušnje, vzdržljivost in izhodno moč kolesarjenja, saj upočasnijo pojav mišične utrujenosti in centralne utrujenosti.(10)

Učinki kofeina na srce so predvsem stimulativni in jih spremlja povišan koronarni pretok krvi. Kofein lahko v pljučih povzroči sprostitev gladkih mišic in dilatacijo bronhijev, kar je posledica njegovih antiastmatičnih učinkov. (9) Najkasneje po 10 do 15 urah po zaužitju, se kofein izloči v tolikšni meri, da ga v telesu ni več dovolj, da bi lahko kakorkoli učinkoval.

Ameriška akademija za medicino spanja zaradi dolgoročnih učinkov kofeina priporoča, da se ga ne uživa vsaj šest ur pred spanjem. Torej, če oseba hodi spat ob 22h, bi morala zadnjo kavo zaužiti najkasneje do 16h. (11)

Poleg stimulativnih in subtilnih motoričnih učinkov ima kofein tudi več terapevtskih učinkov glede na svoj celični mehanizem.(12)

Eksperimentalne laboratorijske študije so na splošno pokazale, da kofein povzroča akutni porast sistoličnega in diastoličnega krvnega tlaka, ki je dodaten morebitnemu povečanju stresa. Redko najdemo sinergijske učinke, ki bi lahko predstavljali resnejše tveganje. Podatki o srčnem utripu so manj skladni, verjetno zaradi različnih načinov merjenja srčnega utripa. Zanesljivo so poročali o strpnosti do srčno-žilnih učinkov kofeina; vendar abstinenci čez noč morda zadostuje, da pri običajnih uživalcih kofeina izniči učinke tolerance na večino ravni zaužitja kofeina. Čeprav lahko uživalci kofeina akutno povišajo krvni tlak, se zdi, da so dolgoročni učinki minimalni. Vendar pa so osebe, ki jim grozi hipertenzija, bolj dovetne za učinke kofeina na krvni tlak. (13)

2.2.2.3 Neželeni učinki

Jakost neželenih učinkov je odvisna od individualnih dejavnikov in količine zaužitega kofeina. Prvi neželeni učinki, ki se lahko pojavijo že pri nižjih odmerkih (od 400 mg kofeina na dan - kar ustreza 4 skodelicam kave ali več) so slabost, notranji nemir, nespečnost, tahikardija in prebavne motnje. Pri kronični uporabi prevelikih odmerkov pa se pojavi draženje želodčne sluznice, diareja, glavobol, nespečnost, nervosa, palpitacije, aritmije, pospešeno delovanje centralnega živčnega sistema, povečano delovanje krvnega obtoka. Zaradi povečanja števila adenzinskih receptorjev se razvije toleranca, abstinencijski sindromi pa nastopijo približno po 48 urah in so blagi (glavobol, razdražljivost, nihanja v razpoloženju). V večjih odmerkih (1000 mg kofeina na dan - kar ustreza 10 skodelicam kave ali več) kofein povzroča drhtenje, razbijanje srca, budnost, vznemirjenost in spahovanje. Veliki odmerki kofeina so lahko smrtni. Smrtni odmerek kofeina je 10 g (približno 170 mg/kg telesne teže). Da bi to dosegli, bi moral povprečno težek človek v zelo kratkem času izpiti 80-100 skodelic kave, kar v praksi ni izvedljivo.(14)

2.2.2.4 Absorpcija, metabolizem, izločanje

Kofein se pri ljudeh hitro in popolnoma absorbira iz prebavnega trakta, pri čemer se 99% absorbira v 45 minutah po zaužitju. Ko ga uživamo v pičah (najpogosteje v kavi, čaju ali brezalkoholnih pičah), se kofein hitro absorbira iz prebavil in porazdeli po telesnih tekočinah. Najvišje koncentracije v plazmi se pojavijo med 15 in 120 minutami po zaužitju. Razpolovni čas kofeina je 5 ur. (9)

Kofein je dovolj lipofil, da prehaja skozi vse celične membrane, vključno s krvno-možgansko pregrado in placentno pregrado. (14)

Pri ljudeh se presnavlja in izloča predvsem kot paraksantin, ki ima tudi farmakološko aktivnost. Ledvični tubuli zlahka ponovno absorbirajo kofein, zato se po filtraciji skozi glomerule le majhen odstotek (3%) kofeina, nespremenjenega, izloči z urinom. Presnova kofeina poteka predvsem v jetrih, kjer ga katalizirajo jetrni mikrosomalni encimski sistemi. Pri zdravih ljudeh ponavljanje se zaužitje kofeina ne spremeni njegove absorpcije ali metabolizma. V jetrih se presnavlja v dimetilksantine, sečne kisline, di- in trimetilallantoin ter derivate uracila. (9)

2.2.2.5 Varni odmerki kofeina

Maja 2015 je Evropska agencija za varnost hrane - EFSA objavila poročilo o varnosti kofeina. Nasvet EFSA za tiste, ki nimajo zdravstvenih težav, kot je hipertenzija, je:

Odrasli: Enkratni odmerki kofeina do 200 mg in dnevni vnos kofeina do 400 mg ne povzročajo pomislekov glede varnosti.

Otroci in mladostniki: Enkratni odmerki kofeina do 3 mg / kg telesne teže in dnevni vnos kofeina do 3 mg / kg telesne mase ne povzročajo pomislekov glede varnosti. Za 10-letnega otroka, ki tehta 30 kg, bi to pomenilo približno 90 mg kofeina, kar je nekaj več kot 250 ml energijske pijače. (15)

2.2.3 Sladkor

Ena sama 470 mililiterska pločevinka energijske pijače lahko vsebuje od 54 do 62 gramov dodanega sladkorja; to presega največjo priporočeno količino dodanega sladkorja za cel dan.(14)

Sladkor je katerakoli od številnih sladkih, brezbarvnih, vodotopnih spojin, ki so prisotne v soku semenskih rastlin in mleku sesalcev ter tvorijo najpreprostejšo skupino ogljikovih hidratov. Najpogosteji sladkor je saharoza, kristalna namizna in industrijska sladila, ki se uporabljajo v živilih in pijačah.(16)

Poleg zagotavljanja sladkega okusa v živilih sladkorji vežejo vodo, zvišajo temperaturo vreliča in znižajo temperaturo zmrzovanja vodnih raztopin, povečajo viskoznost in spremenijo teksturo živilskih izdelkov, služijo kot energija za fermentacijo, zagotavljajo glazuro in iskrico, služijo kot predhodniki za razvoj okusa in barv ter še več. Glede na številne funkcije sladkorjev v živilih in pijačah ni vedno mogoče odstraniti ali nadomestiti sladkorja, ne da bi to vplivalo na kakovost in stabilnost določenih živil. V tem pregledu so spodaj obravnavane tehnične in

funkcionalne vloge pogosto zaužitih mono- in disaharidov, kot so sladek okus, barva, okus in zagotavljanje teksture živil in pijač.

Po zaužitju se presnova sladkorja začne v ustni votlini saj je peroralni mikrobiom sposoben presnavljati sladkorje. (17)

Monosaharidne enote: glukoza, galaktoza in fruktoza se prenašajo skozi steno tankega črevesa in nato v portalno veno, ki nato te elemente transportira naravnost v jetra. Način transporta se med tremi monosaharidi razlikuje. Tako glukoza kot fruktoza se absorbirata razmeroma hitro, odvisno od tega, katera druga hranila hkrati pojemo. Na primer obrok, ki vsebuje beljakovine in maščobe, povzroči, da se sladkorji absorbirajo počasneje, kot če jih zaužijemo sami.

Iz epitelijskih celic se glukoza z olajšano difuzijo premakne v okoliške kapilare. Galaktoza se transportira na enak način kot glukoza z enakimi nosilci. Ker galaktoze v naravi ne najdemo kot monosaharida, absorbirana galaktoza v glavnem prihaja iz razgradnje laktoze. Fruktoza se v celoti premika z olajšano difuzijo. Postopek pri vstopu v enterocite uporablja drugačen prenašalec v glukozi, vendar pa tako fruktoza kot glukoza uporabljata isti transporter za izstop iz enterocita v kapilare. Absorpcija fruktoze je veliko počasnejša od absorpcije glukoze in je količinsko omejena. Torej presnova sladkorjev se pojavi v jetrih (jetra) in v drugih celicah telesa (zunaj jeter). (17)

2.2.4 Tavrin

Tavrin (aminoetan sulfonska kislina) je vseprisotna spojina, ki jo najdemo v zelo visokih koncentracijah v srcu in mišicah. Ker je tavrin precej inertna spojina, je idealen modulator osnovnih procesov, kot so osmotski tlak, kationa homeostaza, aktivnost encimov, regulacija receptorjev, razvoj celic in celična signalizacija.

Zmanjšanje tavrina vodi k razvoju kardiomiopatije – poškodb srčne mišice, saj tavrin deluje kot posredni regulator oksidativnega stresa. (19)

Tavrin je tako bistven za delovanje srca in ožilja ter razvoj in delovanje skeletnih mišic, mrežnice in centralnega živčnega sistema in je potreben za njihovo normalno delovanje. Deluje kot antioksidant in zavira toksičnost hipoklorita in hipobromita, proizvedenega fiziološko.

Pri nekaterih vrstah živali je tavrin bistveno hranilo, pri človeku pa velja za polovično hranilo, čeprav imajo celice brez tavrina večjo patologijo.(20)

Tavrin pa tudi poveča glicin in GABA za pomiritev možganov (lajša anksioznost). Prav tako ščiti možgane z zmanjšanjem škodljivih učinkov odvečnega glutamata.

Lahko povzroči rahlo zaspanost. Lahko tudi zniža krvni tlak na kar moramo paziti pri hipotonikih. (20)

2.3 Določanje maksimalne porabe kisika – VO₂ max

VO₂ max je največja količina kisika, ki jo lahko oseba prevzame in njena vrednost se ne spremeni kljub povečanju obremenitve v časovnem obdobju. VO₂ max je izražen v litrih/min kot absolutna vrednost ali kot v mililitrih/kg/min kot relativni VO₂ max. VO₂ max je možno oceniti z uporabo maksimalnih ali submaksimalnih testov z neposrednimi ali posrednimi metodami. Maksimalna poraba kisika je eden največjih vseprisotnih meritev v vsej znanosti o vadbi in se v klinični znanosti uporablja kot merilo usprešnosti vadbe. Osebkov VO₂ max je standard za ocenjevanje njegovega kardio-respiratorne vzdržljivosti. (21)

Neposredna metoda (laboratorijska metoda) meri posameznikove izdihane pline za analizo njegovega pljučnega prezračevanja, vdiha kisika in izdiha ogljikovega dioksida. Neposredni test VO₂ max je mogoče izvesti objektivno in zanesljivo v laboratoriju z neposredno analizo plinov, ki so vključeni v pljučno ventilacijo, med izvajanjem progresivnih in maksimalnih testov na različnih tekalnih stezah, kolesih ali veslaških simulatorjih z različnimi protokoli. Neposredno testiranje VO₂ max je zelo veljaven in zanesljiv test. (21)

Posredne metode, ki vključujejo terenske preizkuse, ocenijo aerobno zmogljivost posameznika glede na njegov srčni utrip, njihovo premagano razdaljo in njegov čas trajanja preizkusa pri uporabi dokočenega protokola. Zaradi visokih stroškov uporabe sofisticirane opreme, ki jih potrebujejo usposobljeni ocenjevalci za vodenje testov in veliko časa, zahtevanega za vsako testiranje, je uporaba neposrednih testov omejena. Tako testi na terenu, torej posredne metode, postajajo dobra alternativa, saj imajo nizke obratovalne storške in so enostavni za izvesti. (21)

Eden izmed posrednih metod predstavlja Beep test, priljubljen terenski test, ki se pogosto uporablja za merjenje aerobne kondicije z napovedovanjem največjega vnosa kisika (VO₂ max) in zmogljivosti. Raziskave so pokazale, da je Beep test dobra alternativa za enostavno merjenje maksimalnega prevzema kisika, vendar so rezultati zgolj preprosta ocena in ne neposredno merilo. (22) (23) Natančen potek Beep testa je opisan v nadaljevanju.

3 EKSPERIMENT

3.1 Metodologija

Subjekti so bili moški prostovoljci iz tretjega in četrtega letnika gimnazije, starosti od 17 do 18 let. Imeli smo skupino 28 dijakov, 7 smo jih tekom testiranja izločili, saj so nekateri pred meritvami uživali kofein ali tavrin, tako da so bile te meritve neveljavne. Statistična analiza temelji na preostalih 21 meritvah. Ob prvem srečanju s testiranci so jim bila razdeljena soglasja (vzorec v prilogi), ki so jih v primeru mladoletnosti testiranca morali podpisati starši. Meritve smo izvajali v času od meseca oktobra do decembra v šolski telovadnici. Meritve so potekale le na dijakih, ki niso imeli posebnih zdravstvenih težav, ki bi jim lahko škodovale ali vplivale na rezultate raziskave.

Eksperiment je potekal v 3 fazah

Faza 1. Testnim subjektom smo izmerili VO₂ max (beep test) in na podlagi tega vsakemu posamezniku določili kardiogeno skupino, 85% prag kardiogene aktivnosti, ki jo je moral vzdrževati med veslanjem.

Faza 2. Veslanje na trenažerjih po protokolu in ohranjanje srčne aktivnosti v določeni kardiogeni skupini.

Faza 3. Po končanem protokolu vadbe in hkratnem začetku rehabilitacije, smo začeli beležiti srčne utripe na vnaprej določene časovne intervale (0s, 30s, 60s, 90s, 120s, 150s, 180s). To so ključni podatki, ki smo jih nadaljnje obdelovali.

Fazo 2 in 3 smo nato v ločenih srečanjih dvakrat ponovili.

V prvem srečanju smo izvedli Beep test, opisan v nadaljevanju, v drugem in tretjem so sledili zastavljenemu sklopu simulacije treninga na veslaškem trenažerju, čemur je sledil počitek. Tako v drugem, kot tretjem testiranju so 30 min pred pričetkom prejeli pijačo, v enem poskusu energijsko, v drugem ne. Pred začetkom meritve so bili dijaki seznanjeni z vsebino raziskovalne naloge, pri čemer jim nismo razkrili, da bodo pili različne pijače, saj smo s tem želeli vključiti placebo učinek. S testnimi osebami je bilo dogovorjeno, da na dan meritve pred eksperimentom ne bodo uživali kave ali energijskih pijač. Že na začetku smo preverili in iz nadaljnje obravnave izključili dijake, ki redno uživajo preiskovane substance, saj smo zasledili, da je možen ob rednem uživanju razvoj tolerance (24)

3.1.1 Beep test – določanje maksimalne porabe kisika – VO₂ max

Testirance smo želeli razvrstiti po njihovi splošni športni zmogljivosti. Po prebiranju literature je bilo ugotovljeno, da je najbolj preprost pokazatelj le-te VO₂max, katerega natančno merjenje na žalost zahteva drago opremo, zamudne protokole in individualno testiranje. Zato smo se odločili, da bomo VO₂ max ocenili na podlagi opravljenega Beep testa, ki zahteva minimalno količino prostora in računalnik, prav tako smo lahko naenkrat stestirali več dijakov. Preizkus vključuje tek med dvema točkama, ki sta ena od druge oddaljeni 20 m. Tako so se dijaki postavili v vrsto na robu telovadnice, na črto, ki je bila označena. Pred pričetkom smo jim pokazali črto na drugi strani telovadnice, ki je bila oddaljena 20 m, torej razdalja, ki so jo morali vsakič preteči. Potek je voden z vnaprej posnetim zvokom (mi smo za naš eksperiment uporabili prosto dostopen posnetek na YouTube: <https://tinyurl.com/5n6p2x7t>), ki predvaja piske v nastavljenih intervalih. Med testom posameznik napreduje navzgor po različnih ravneh (vsaka traja nekaj več kot minuto), pri čemer so piski hitrejši na vsaki novi doseženi ravni. Cilj dijaka med testom je, da je pred naslednjim piskom na drugi strani in ob tem pisku začne ponovno teči v nasprotno smer. Ko se test nadaljuje, se interval med vsakim zaporednim piskom zmanjšuje, kar prisili testirance, da povečajo svojo hitrost teka, dokler jim uspe ohranjati stik s posnetkom. Pri tem je pomembno, da dijak ne obupa prehitro, saj je test zasnovan tako, da oseba doseže maksimum svoje športne zmogljivosti. Na točki, ko dijak ne doseže črte pred piskom, to postane njihov najvišji rezultat in test je končan. Posnetek je običajno strukturiran v 21 'stopenj', od katerih vsaka traja približno 62 s. Interval piskov se izračuna tako, da zahteva hitrost na začetku 8,5 km/h, ki se poveča za 0,5 km/h z vsako nadaljnjo stopnjo. Na podlagi določenih stopenj, ki so se odrazili kot rezultat opravljenega testa vsakega posameznika smo izračunali VO₂max po naslednji formuli: VO₂max = 31,025 + (3,238 x hitrost) - (3,248 x starost) + (0,1536 x starost x hitrost). V enačbi Ahmaidija et al. (1992), je bila hitrost določena z uporabo pretečene razdalje v 30 s v zadnji fazi preizkusa. (25) To nam je pri nadalnjem poteku služilo kot merilo za delitev v dve skupini po fizični sposobnosti.

3.1.2 Simulacija treninga pred merjenjem HRR

Na podlagi rezultatov beep testa se lahko izračuna oceno VO_{2max} in iz le tega posameznikov maksimalni srčni utrip. Iz uradne spletne strani Polar, kjer utrip delijo na 5 con, glede na odstotke do posameznikovega maksimalnega utripa, smo uporabili kalkulator za izračun posameznih mej srčnega utripa za vsako stopnjo vadbe opisane v nadaljevanju. Pri tem prve, torej najnižje in pete, najvišje stopnje nismo uporabili, saj naš namen ni bil izmučiti testirane dijake do onemoglosti. Uporabiljali smo tako imenovano modro, zeleno in rumeno cono. Modra je pomenila srčni utrip med 60 in 70 % posameznikovega izračunana najvišjega utripa. To je območje nizke intenzivnosti, kjer mora biti posamezniku lagodno in bi s tem lahko nadaljeval veliko dlje časa, saj se pri tem utripu ne izmuči in zadiha. V drugi fazi smo prešli v zeleno cono, ki predstavlja utrip v obsegu 70 - 80 %. V tem območju se začne nabirati laktat. Sploh za ne športno aktivne lahko postane v tem trenutku nekoliko težje. Predvsem se to izrazi kot pospešeno dihanje. Zadnje od uporabljenih območij je rumeno, 80 - 90 %. Gre za prehod v anaerobno aktivnost. (26) Za vsakega posameznika smo pred pričetkom meritev zastavili spodnje in zgornje meje utripov v določenih delih testiranje. Vadbo smo zastavili sledeče, simulacija veslanja je potekala 8 min, čemur so sledile 3 minute počitka. Začeli smo z dvema minutama veslanja na simulatorju s kontrolo utripa v modri coni, čemur so sledile 3 minute zelene in 3 minute rumene cone. Preden je dijak sedel na veslaško napravo, si je nadel pas za merjenje srčnega utripa (opisan v nadaljevanju), ki smo ga povezali s pametnim telefonom, da se nam je sproti prikazoval srčni utrip, kar nam je omogočalo usmerjanje dijaka pri intenzivnosti gibanja, s čimer smo dosegli, da je srčni utrip ostajal znotraj vnaprej zastavljenih mej. Za namen raziskovalne naloge smo uporabljali dva veslaška trenažerja znamke Concept 2, model E.



Slika 1: Potek eksperimenta 1 (vir: avtorji)



Slika 2: Potek eksperimenta 2 (vir: avtorji)

3.1.3 Merjenje HRR

Za merjenje srčnega utripa smo uporabljali 2 pasova Polar H10 , ki smo ju preko Bluetootha povezali z aplikacijo Polar Beat na telefonu. Tako smo lahko sproti spremljali srčni utrip.

V trenutku prenehanja veslanja smo zabeležili trenutni srčni utrip, kar je za našo nadaljnjo analizo predstavljal izhodiščno vrednost. Po zastavljenem sklopu na veslaškem trenažerju, se je dijak vlegel na blazino zraven njega in pričel z umirjanjem. Med tem smo na 30 sekund beležili srčni utrip. Počitek je trajal 3 minute, znotraj tega dela je bilo torej izmerjenih 6 vrednosti. S tem smo končali našo meritev.

3.1.4 Pijače

V eksperimentu smo uporabili dve različni gazirani pijači. Energijski napitek limeta S-budget je bil relevanten za naš eksperiment, saj je vseboval kofein, sladkor in taurin, substance, katere smo raziskovali. Gazirana pijača Lemon, Green Lemon pa je bila uporabljena kot placebo učinek, saj ni vsebovala zgoraj opisanih sestavin.

Energijski napitek je sestavljen iz vode, sladkorja, citronske kislina, ogljikovega dioksida, tavnina 0,40%, natrijevega citrata, magnezijevega karbonata, arom, kofeina in ostalih sestavin, ki niso relevantne za naš raziskavo. Vsebnost sladkorja znaša 11 g/100 ml energijske pijače. Energijski napitek ni priporočljiv za otroke in nosečnice, saj je vsebnost kofeina visoka in sicer 32 mg/100 ml. Zaradi visoke vsebnosti kofeina ga je priporočeno uživati le v omejenih količinah. Napitek je pakiran v pločevinki velikosti 250 ml. (27)

Gazirana brezalkoholna pijača z okusom limonade je brez energijskih vrednosti, brez dodanega sladkorja, s sladili ter vsebuje samo naravno prisotne sladkorje. Njene sestavine so voda, 6% limonin sok (iz zgoščenega sadnega soka), ogljikov dioksid, citronska in jabolčna kislina, naravne arome ter ostale sestavine, ki niso relevantne. Pakirana je v pločevinki velikosti 330 ml. (28)

Pred športnim delom v telovadnici so testiranci najprej morali popiti eno izmed pijač. Prevzem napitkov je potekal tako, da smo na bele lončke napisali kode, ki so se ujemale z imeni testirancev, zapisane v posebnem dokumentu. Tam je bilo zapisano katero izmed pijač bo dijak

dobil, brez njegove in naše vednosti. Raziskava je bila dvojno slepa. Količina obeh pijač v lončku je bila 200 ml. Pijače so prejeli in jih morali popiti 30 min pred športnim delom raziskave.

3.1.5. Statistična obdelava

Analizo rezultatov smo izvedli s programom IBM SPSS Statistics, kjer smo najprej analizirali porazdelitev vzorcev in na podlagi tega izbrali ustrezne statistične teste za preverjanje korelacije, kar nam je omogočilo statistično podprto vrednotenje hipotez.

P vrednost

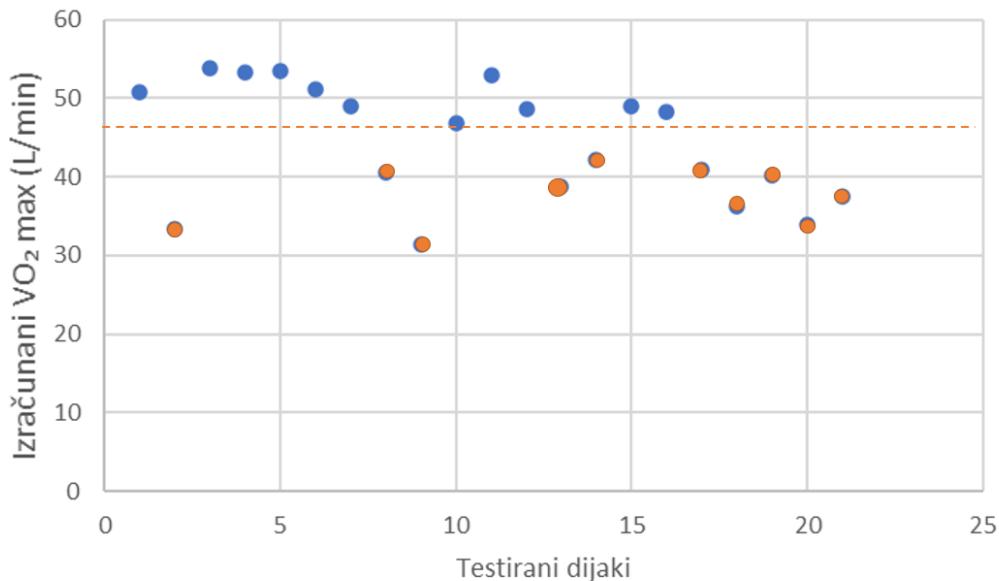
V statistiki je p-vrednost verjetnost, da dobimo rezultate, ki so vsaj tako ekstremni kot opaženi rezultati testa statistične hipoteze, ob predpostavki, da je ničelna hipoteza pravilna. (29)

Torej če je p vrednost $< 0,05$ potem je rezultat statistično značilen in ga lahko upoštevamo.

4 REZULTATI

4.1. Določanje maksimalne porabe kisika ($\text{VO}_2 \text{ max}$)

V prvi fazi eksperimenta smo testnim subjektom, z Beep testom, izmerili $\text{VO}_2 \text{ max}$ in na podlagi tega vsakemu posamezniku določili kardiogeno skupino, 85% prag kardiogene aktivnosti, ki jo je moral vzdrževati med veslanjem.



Graf 1: Izračunan $\text{VO}_2 \text{ max}$ po posameznikih

Testirance smo na podlagi doseženega $\text{VO}_2 \text{ max}$ po mediani, ki znaša 46,8 L/min razdelili na polovico. Zgornji polovici (modro obarvano na grafu 1) smo dodelili ime **športno aktivni dijaki (ŠAD)**, spodnji polovici (oranžno obarvano) pa **športno neaktivni dijaki (ŠND)**.

Tabela 1: Razdelitev testirancev na športno aktivne in neaktivne z mediano glede na VO_2max

Testiranec	$\text{VO}_2 \text{ max}$	Športno aktivni
3	53,8	DA
5	53,5	DA
4	53,2	DA
11	52,9	DA
6	51,1	DA
1	50,8	DA
7	48,9	DA
15	48,9	DA
12	48,6	DA
16	48,3	DA

10	46,8	NE
14	42,2	NE
8	40,5	NE
19	40,2	NE
13	38,8	NE
18	36,2	NE
21	37,5	NE
20	34	NE
2	33,3	NE
9	31,4	NE

4.2 Izračun HRR

4.2.1 $HRR_{s^{-1}}$

Vsakemu posamezniku smo tako izmerili **izhodiščni srčni utrip (HR_0)**, torej HR ob koncu vadbe in hkratnem začetku rehabilitacije (0 s) in nato na vsakih 30 sekund (30s, 60s, 90s, 120s, 150s, 180s). HRR pomeni razliko med izhodiščnim HR in med HR na določeno časovno točko v rehabilitaciji. Mi smo izbrali več teh točk, 6 točk, na vsakih 30 sekund. In tako vsakemu testiranemu izračunali $HRR_{s^{-1}}$ za vseh šest intervalov.

$$HRR_{s^{-1}30} = HR_0 - HR_{30}$$

Primer:

Testiranec 1. je imel slednje meritve:

Tabele 2: Meritve HR v časovnih intervalih testiranca št. 1

ČAS [s]	0	30	60	90	120	150	180
HR [s^{-1}]	177	150	118	116	110	107	103

$$HRR_{s^{-1}30} = HR_0 - HR_{30}$$

$$HRR_{s^{-1}30} = 177 - 150$$

$$\underline{\underline{HRR_{s^{-1}30} = 27s^{-1}}}$$

4.2.2. HRR_%

Ker takšnih absolutnih podatkov ne moremo primerjati med seboj, saj ima en testiranec višjo frekvenco že v mirovanju in zato drugačen pomen pri velikosti HRR smo vsakemu testiranemu izračunali relativen **HRR_%**. Torej za koliko odstotkov od izhodiščnega HR mu je HR padel na intervalu. Tako dobimo za vsakega posameznika šest relativnih vrednosti, ki jih lahko primerjamo z ostalimi testiranci.

$$HRR_{\%30} = \frac{HRR_{s^{-1}30}}{HR_0}$$

Primer:

Testiranec 1. je imel slednje meritve:

Tabele 3: Meritve HR in sprememba HR v časovnih intervalih testiranca št. 1

ČAS [s]	0	30	60	90	120	150	180
HR [s ⁻¹]	177	150	118	116	110	107	103
HRR [s ⁻¹]		27	59	61	67	70	74

$$HRR_{\%30} = \frac{HRR_{s^{-1}30}}{HR_0}$$

$$HRR_{\%30} = \frac{27}{177}$$

$$\underline{\underline{HRR_{\%30} = 0,153 = 15,3\%}}$$

Primer:

Testiranec 1. je imel slednje meritve:

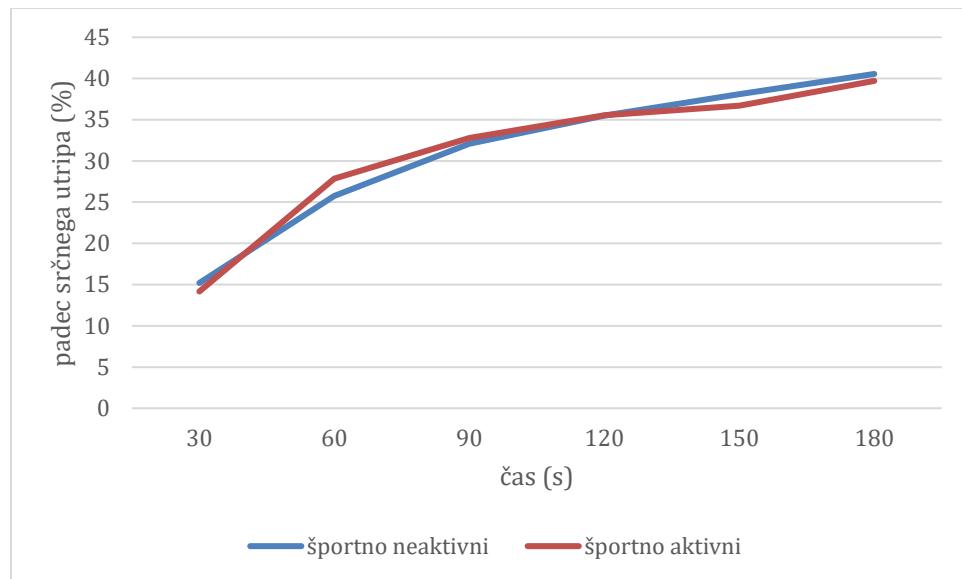
Tabele 4: Meritve HR, sprememba HR in procentna sprememba HR v časovnih intervalih testiranca št. 1

ČAS [s]	0	30	60	90	120	150	180
HR [s ⁻¹]	177	150	118	116	110	107	103
HRR [s ⁻¹]		27	59	61	67	70	74
HRR _% [%]		15,3	33,3	34,5	37,9	39,5	41,8

4.3 Raziskovalno vprašanje 1

Kakšne so razlike v hitrosti regeneracije srčnega utripa med športno aktivnimi in neaktivnimi dijaki?

Obravnavani vzorci imajo normalno porazdelitev, zato uporabimo parni test (paired sample test), ki prikaže da razlika obstaja vendar ni statistično značilna (p vrednost je >0.05), zato razlike ne moremo upoštevati kot signifikantne.



Graf 2: Povprečen procentualni padec srčnega utripa med športno aktivnimi in športno neaktivnimi dijaki vsakih 30 s.

Tabela 5: Primerjava rezultatov meritev regeneracije srčnega utripa med športno aktivnimi in neaktivnimi dijaki

	t	df	pomembnost		povprečje razlik	standardna napaka razlik	95% interval zaupanja	
			eno-stranska p	dvo-stranska p			spodnja meja	zgornja meja
VO2_max	7,967	18	<.001	<.001*	12,91000	1,62046	9,50555	16,31445
sp_v_30s	-.543	18	.297	.594	-1,900	3,502	-9,257	5,457
sp_v_180s	.000	18	.500	1,000	.000	3,237	-6,800	6,800
sp_180_procent	.179	18	.430	.860	.3368552	1,8786025	-3,6099421	4,2836526
E_sp_v_30s	-.802	13,051	.219	.437	-3,000	3,742	-11,081	5,081
E_sp_30_procent	-.683	18	.252	.503	-1,4911218	2,1822198	-6,0757954	3,0935518
E_sp_180_procent	-.175	18	.431	.863	-.3618526	2,0642206	-4,6986192	3,9749139

Opombe: t – vrednost t

df – prostostne stopnje

p – pomembnost razlik (vrednost p)

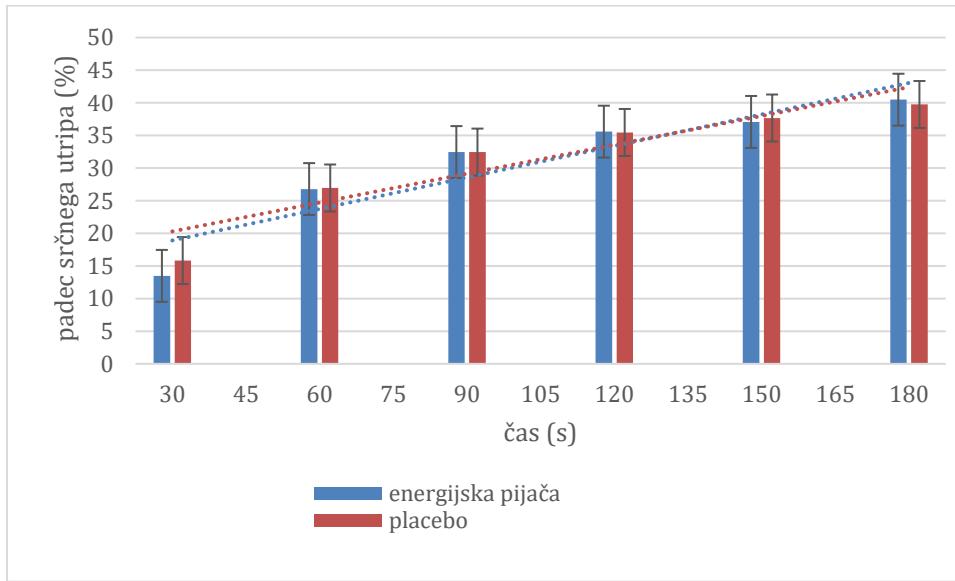
Tabele 6: Povprečen procentualni padec srčnega utripa med športno aktivnimi in športno neaktivnimi dijaki vsakih 30 s.

	30 s	60 s	90 s	120 s	150 s	180 s
športno neaktivni	15,19676	25,7685	32,0917	35,48384	38,09079	40,55116
športno aktivni	14,16407	27,86228	32,77783	35,54913	36,71065	39,70858

4.4. Raziskovalno vprašanje 2

Kakšen je vpliv energijskih pijač na hitrost regeneracije srčnega utripa pri dijakih?

Za primerjavo relativnih razlik smo uporabili parni T test (paired Samples Test), ki nam prikaže ali obstaja statistično značilno razliko med danimi vrednostmi. Test nam je pokazal statistično značilno razliko ($p < 0,05$), vrednosti HRR so po uživanju energijskih pijač nižje v primerjavi z placebom, vendar samo v časovnem intervalu 30 sekund. Pri ostalih intervalih razlike niso statistično značilne ($p > 0,05$).



Graf 3: Primerjava procentualnega padca srčnega utripa ob predhodnem zaužitju placebo in energijske pijače vsakih 30 sekund.

Tabele 7: parni T test, izračuna statistično značilno razliko zgolj v intervalu 0-30s

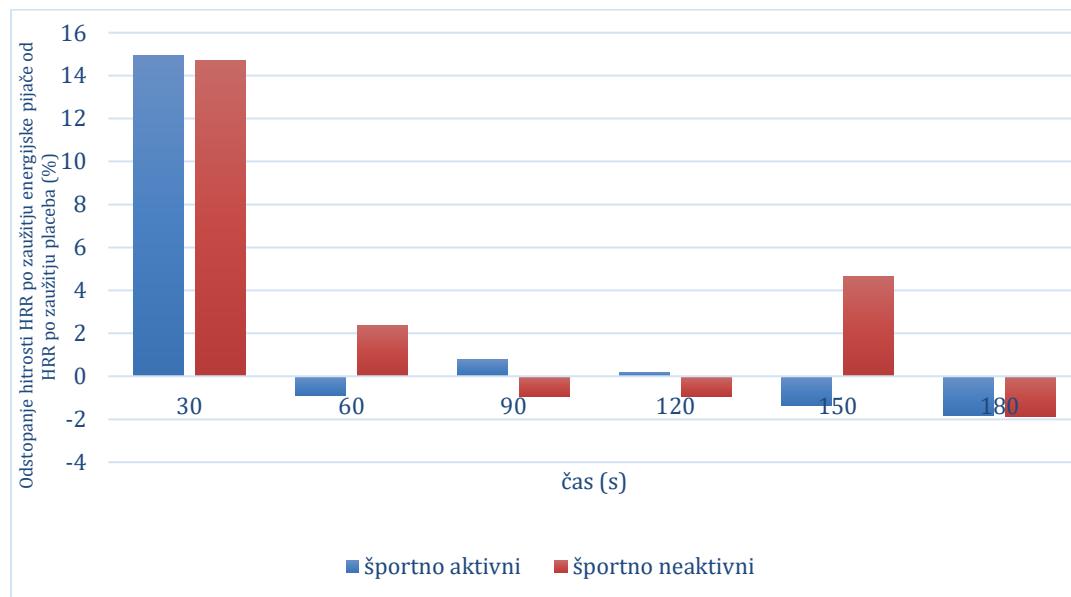
	povprečje	standardni odklon	standardna napaka povprečja	95% interval zaupanja		t	df	pomembnost
				spodnja meja	zgornja meja			
Pair 1	sp_v_30s - E_sp_v_30s	-4,000	8,450	1,844	-7,846	-,154	-2,169	20 ,042
Pair 2	sp_v_180s - E_sp_v_180s	1,810	6,186	1,350	-1,006	4,625	1,341	20 ,195
Pair 3	sp_30_procent - E_sp_30_procent	-2,3448278	4,8623183	1,0610448	-4,5581285	-,1315271	-2,210	20 ,039
Pair 4	sp_180_procent - E_sp_180_procent	,7328586	3,3648910	,7342794	-,7988214	2,2645386	,998	20 ,330

Opombe: t – vrednost t df – prostostne stopnje p – pomembnost razlik (vrednost p)

4.5. Raziskovalno vprašanje 3

Ali obstajajo po zaužitju energijskih pijač razlike v regeneraciji srčnega utripa med spoštno aktivnimi in neaktivnimi dijaki?

Uporabili smo Levenov test, ki je pokazal, da pri vplivu energijskih pijač ni statistično značilnih razlik med dijaki, ki se aktivno ukvarjajo s športom in tistimi, ki se ne.



Graf 4. Primerjava vpliva energijske pijače na športno aktivne in športno neaktivne na vsakih 30 s

Tabele 8: Levenov test ne pokaže statistično značilnih razlik

	Lavenov test za enakost varianc				t- test za enakost povprečij					95% interval zaupanja		
	F	Sig.	t	df	pomembnost		povprečje razlik	standardna napaka razlik	spodnja meja	zgornja meja		
					enostranski p	dvostranski p						
E_sp_30_procent	3,613	.073	-.683	18	,252	,503	-1,4911218	2,1822198	-6,0757954	3,0935518		
E_sp_60_procent	1,007	.329	1,756	18	,048	,096	2,89063	1,64616	-,56783	6,34908		
E_sp_90_procent	4,270	.053	,504	18	,310	,620	1,01840	2,01880	-3,22294	5,25975		
E_sp_120_procent	2,255	.151	,239	18	,407	,814	,43714	1,83078	-3,40919	4,28347		
E_sp_150_procent	1,109	.306	,222	18	,413	,827	,41161	1,85517	-3,48595	4,30917		
E_sp_180_procent	,379	.546	-,175	18	,431	,863	-,3618526	2,0642206	-4,6986192	3,9749139		

Opombe: F – vrednost F t – vrednost t Sig – pomembnost df – prostostne stopnje

5 RAZPRAVA

5.1 Hipoteza 1

Okrevanje srčnega utripa je sprva (v prvi minuti okrevanja) pretežno pogojeno z aktivacijo parasimpatičnega dela avtonomnega živčnega sistema. Ker ima skupina elitnih športnikov običajno višji parasimpatični tonus, pričakujemo, da bomo pri tej populaciji opazili hitrejše okrevanje srčnega utripa v primerjavi s splošno populacijo. (37)

Na podlagi izsledkov raziskave Darrja in sodelavcev (30) smo sklepali, da bo pri športno aktivnejših regeneracija srčnega utripa hitrejša kot pri tistih, ki se s športom ne ukvarjajo.

V Sugawarovi, kot tudi Maedovi raziskavi je povečanje statusa treninga sovpadalo s povečanim okrevanjem srčnega utripa (HRR) tako pri splošni populaciji kot pri športnikih. (31) (32)

Poleg tega naj bi imeli bolj pripravljeni in elitni športniki hitrejši HRR v primerjavi s svojimi vrstniki, ki se s športom ne ukvarjajo. Ta trditev naj bi veljala tudi za splošno populacijo; posamezniki z višjo stopnjo telesne pripravljenosti, kar je bilo v raziskavi določeno z VO₂max, imajo hitrejšo regeneracijo srčnega utripa v primerjavi s tistimi z nižjo stopnjo kardiovaskularne kondicije. (33) (34)

Naša analiza ni pokazala statistično značilne razlike ($p < 0,05$) v hitrosti padanja utripa med temi skupinama. Podobne rezultate so dobili v raziskavi O. F. Baraka in sodelavcev. (35)

Sklepamo lahko, da je v naši in Barakovici raziskavi prišlo do rezultatov brez statistično značilne razlike ($p < 0,05$), zaradi samega izbora testirancev. V obeh raziskavah so namreč sodelovali rekreativni športniki. Tako torej ni bilo velike razlike v treniranosti testirancev razvrščenih v dve skupini. Da bi prišli do statistično značilnih rezultatov ($p > 0,05$), bi morali rekreativne športnike zamenjati za profesionalne, kar je bil tudi naš prvotni namen, a zaradi težave z usklajevanjem s športniki in premajhnega vzorca izvedba ni bila mogoča. Prav tako se možnost izboljšave pojavi pri količini zaužite energijske pijače. V sklopu našega eksperimenta smo se držali priporočenim dnevnim vnosom za mladostnike, v ostalih (zgoraj naštetih) raziskavah uporabljajo bistveno večje količine pijač ter s tem tudi kofeina in taurina.

5.2 Hipoteza 2

Druge hipoteze, da bo vnos energijskih pijač skrajšal regeneracijo srčnega utripa ne moremo v celoti ne potrditi, ne ovreči, saj se je statistično značilna razlika pokazala le za prvih 30 sekund

regeneracije srčnega utripa po vadbi, in sicer je bil padec utripa hitrejši ob predhodno zaužiti energijski pijači. V nadalnjem poteku padanja se niso izrazile statistično značilne razlike, tako da lahko hipotezo potrdimo le za prvih 30 sekund.

Te ugotovitve se skladajo z izsledki An, Park in Kim, ki v svoji raziskavi niso izmerili statistično značilnih razlik v regeneraciji srčnega utripa po predhodno zaužiti energijski pijači. (36)

Tudi v raziskavi N. W. Clark idr., niso prišli do statistično značilne razlike v regeneraciji srčnega utripa takrat, ko so testiranci predhodno zaužili energijsko pijači in takrat ko je niso. (37)

V raziskavi Monteira s sodelavci, so prišli do ugotovitev, da se v primeru zaužitega le kofeina regeneracija srčnega utripa podaljša. V primerih, ko so pa uporabljali za vir kofeina energijske pijače, ta sklep ni ustrezal merilom statistično značilnih razlik. V dani raziskavi sklepajo, da ima taurin antagonistične učinke na delovanje kofeina in tako le ta krajša regeneracijo srčnega utripa, kar se sklada s teorijo. (38)

Iz tega lahko sklepamo, da energijske pijače nimajo vpliva na regeneracijo srčnega utripa, saj imata kofein in taurin nasproten učinek. Kofein HRR podaljšuje (35), medtem ko ga taurin krajša (39) in je potem takem količina obeh substanc tolikšna da nobeden od učinkov ne prevlada. Da bi preverili to hipotezo, bi morali ponoviti testiranje, vendar ločeno z uporabo le kofeina in le taurina.

5.3 Hipoteza 3

Na podlagi pridobljenih rezultatov zavračamo hipotezo 3, pri kateri smo trdili, da bo pri športno neaktivnih imela energijska pijača večji vpliv na regeneracijo srčnega utripa, kot pri športno aktivnih. Tretja hipoteza se bistveno nanaša na prvi dve. Da bi lahko primerjali vpliv pijače med športno aktivnimi in športno neaktivnimi bi morali biti obe predhodnji hipotezi potrjeni. Statistično značilna razlika ($p < 0,05$) bi morala biti tako razlika med hitrostjo regeneracije srčnega utripa med športno aktivnimi in neaktivnimi, kot tudi razlika v hitrosti regeneracije utripa ob zaužitvi placeba ali energijske pijače. Iz tega izhaja, da rezultati ne prikažejo kakršne koli razlike v vplivu energijskih pijač na športno aktivne in neaktivne.

Naši rezultati se skladajo z Erdmannovimi, ki prav tako trdi, da je učinek energijskih pijač enak med športno aktivnimi in neaktivnimi. (40)

6 DRUŽBENA ODGOVORNOST

Skozi celoten potek raziskovanja smo se striktno poskušali držati načel družbene odgovornosti. Pred pričetkom eksperimenta smo skrbno preverili sestavine testnih pijač in izbrali takšne, za katere smo menili, da so najbolj preizkušene in varne. Prav tako sva se pozanimali kako je z uporabo le teh v raziskavi. Zaradi mladoletnosti nekaterih izmed sodelujočih dijakov v testiranju sva sestavili obrazec za privolitev staršev (v prilogi), v katerem je na kratko napisan namen naloge ter navedeno, da bo ob tem uporabljen energijska pijača. V testiranje so bili vključeni le tisti dijaki, ki so nam vrnili podpisane izjave. Glede na trenutne razmere s koronavirusom smo strogo upoštevali ukrepe. Ob testiranju smo nosili maske, razen dijakov, ki so bili fizično aktivni, ob tem smo upoštevali razdaljo treh metrov, tako med veslaškimi simulatorji, kot udeleženci. Po vsaki uporabi naprave smo razkužili mesta, kjer so se dijaki dotikali simulatorja in pasove za merjenje srčnega utripa. Testiranje smo izvajali v telovadnici, da je bilo omogočeno dovoljšnje kroženje zraka. Dijaki so prihajali po dva iz istega razreda naenkrat, da bi kolikor se je dalo zmanjšali naš vpliv na nepotrebne stike znotraj sodelujočih. Po končani raziskovalni nalogi smo z vsemi sodelujočimi delili izvlečke rezultatov, s čimer smo želeli ozaveščati ciljno skupino mladih, da energijske pijače ob njihovih količinah in intenzivnostih telesnih aktivnosti nimajo večjega vidnega vpliva. Prepogosto opažamo pri vrstnikih, da je konzumacija energijskih pijač v velikem porastu. Tako se nam zdi, da se dijaki bodisi ne zavedajo posledic prekomernega uživanja vsebujočih sestavin bodisi nasedajo iluzionističnim komercialnim podvigom proizvajalcev. Mediji nas namreč zasipavajo s podatki, kako koristne so te pijače za naše telo. Na drugi strani smo jih seznanili še z ugotovitvami teoretičnega dela naloge in sicer negativnimi učinki prekomernega uživanja energijskih pijač. S tem upamo, da smo vplivali na njihovo presojo, preden bodo naslednjič v trgovini vzeli v roko pločevinko pijače s taurinom, kofeinom in sladkorjem. Pri tem je potrebno omeniti, kako neraziskan obstaja vpliv taurina, kljub njegovi enormni uporabi. Preventivno smo jih tudi opozorili na nevarnost mešanja teh pijač z alkoholom. Tekom testiranj je beseda redno tekla o pomembnosti fizične aktivnosti za zdravje in dobro počutje. S vsakim dijakom smo spregovorili o njegovih udejstvovanjih v športu in ga vzpodbjali pri njegovih nadaljnjih aktivnostih. S tem smo želeli motivirati dijake, da bi več časa preživeli v naravi in se ukvarjali z najrazličnejšimi športi.

7 ZAKLJUČEK

Namen raziskovalne naloge je bil ugotoviti, ali imajo energijske pijače vpliv na srce med splošnimi športnimi aktivnostmi med dijaki. Po končani raziskavi lahko strnemo, da za dijake, ki se profesionalno ne ukvarjajo s športom, energijske pijače v zmernih količinah nimajo vidnega vpliva na njihove športne aktivnosti. Med prebiranjem teorije smo ugotovili, da imajo lahko te pijače veliko nezaželenih učinkov in v velikih količinah negativno vplivajo na naš organizem. Med testiranjem smo opažali, da med dijaki prevladuje splošno prepričanje, ki sledi smernicam oglaševalcev velikih korporacij energijskih pijač, in sicer da imajo le te ogromen vpliv na fizično zmogljivost. Po raziskavi smo se ponovno pogovorili s temi dijaki, ki so zaradi rezultatov večinoma spremenili svoje mnenje, saj so dejali, da niso čutili nobene razlike med vadbo takrat, ko so spili energijsko pijačo in takrat, ko je niso. Zanimivo je dejstvo, da so bili pred to slepo raziskavo drugačnega mnenja, pa čeprav se nikoli niso podrobnejše poglabljali v sestavine pijač. Nekako bi lahko zaključili, da na njihovi splošni stopnji telesne pripravljenosti energijske pijače v nizkih količinah vpliva na njihove vsakodnevne športne aktivnosti ne bodo imele. Temu torej sledi vprašanje ali potemtakem splošno prepričanje izhaja le iz uspešnih reklamnih strategij in morda placebo učinka. Glede na pridobljene rezultate in izsledke ostalih avtorjev dijakom ne priporočamo rednega uživanja energijskih pijač za potrebe doseganja boljših športnih rezultatov, saj tega nismo mogli znanstveno podpreti, znani pa so mnogi negativni učinki.

PRILOGE

- Priloga 1: Soglasje
- Priloga 2: Vprašalnik
- Priloga 3: Tabela neobdelanih podatkov

SOGLASJE

Smo [REDACTED] mariborske gimnazije in skupaj pripravljamo raziskovalno naložo. V sklopu raziskovanja bi vas prosili za sodelovanje v standardizirani športni aktivnosti aerobne vadbe na simulatorju veslanja. Namen raziskovalne naloge bo ugotoviti ali obstaja statistično značilna sprememba v učinkovitosti športne aktivnosti po zaužitju energijsko pijačo v primerjavi z njegovim rezultatom, ko energijske pijače ni zaužil. Najbolj nas zanima hitrost regeneracije srčnega utripa, ki ga je relativno enostavno izmeriti in predstavlja pomemben podatek za spremeljanje napredovanja kondicije.

Vsi pridobljeni podatki bodo ostali anonimni in ne bodo povezani z vašim imenom. Meritve bomo izvedli tri-krat. V eni od teh meritev boste zaužili energijsko pijačo z vsebnostjo taurina in kofeina. Testiranje lahko kadarkoli prekinemo po vaši želji.

V kolikor boste želeli bomo z vami delili rezultate eksperimenta, ko bodo ti zbrani v nalogi. S svojim podpisom izjavljate, da ste seznanjeni z zgoraj navedenimi pogoji sodelovanja.

V kolikor še niste polnoletni, morajo soglasje podpisati tudi starši.

Kraj in datum: _____

Podpis: _____

Podpis staršev: _____

PODATKI O TESTIRANCU

Prosimo, da pred pričetkom odgovoriš na naslednja vprašanja.

Starost: _____

Telesna teža: _____ kg

Telesna višina: _____ cm

Ali se vsakodnevno ukvarjaš s športom? (obkroži) DA NE

Če da, kolikokrat na teden? _____

Ali uživaš energijske pijače? (obkroži) DA NE

Kako pogosto uživaš energijske pijače? (obkroži)

NIKOLI

REDKO (le nekajkrat letno)

OBČASNO (vsaj 1x na mesec)

REDNO (vsak teden)

VSAKODNEVNO (vsak dan)

TABELA NEOBDELANIH PODATKOV

Številka	Leta	Kg	Višina	HR v mirovanju	Beep test	HR max	VO2max	60-70%	70-80%	80-90%	0s	30s	60s	90s	120s	150s	180s
1	17	62	178	72	11,2	194	50,8	116-136	136-155	155-175	177	150	118	116	110	107	103
2	18	77	185	80	6,1	202	33,3	121-141	141-162	162-182	176	156	128	122	119	115	110
3	18	70	174	60	11,12	194	53,8	116-136	136-155	155-175	180	160	140	120	115	118	108
4	18	74	188	72	11,10	194	53,2	116-136	136-155	155-175	178	151	138	125	118	113	106
5	18	65	178	73	11,11	194	53,5	116-136	136-155	155-175	175	144	124	110	108	104	98
6	18	64	176	79	11,3	194	51,1	116-136	136-155	155-175	180	162	119	111	110	120	99
7	17	75	183,5	82	10,7	195	48,9	117-137	137-156	156-176	178	158	132	121	118	111	107
8	17	79	185	85	8,2	195	40,5	117-137	137-156	156-176	174	152	135	128	123	125	119
9	17	73	194	80	5,4	203	31,4	122-142	142-162	162-183	181	150	130	114	108	107	104
10	17	71	192	78	9,11	195	46,8	117-137	137-156	156-176	182	144	121	109	100	103	99
11	17	63	181	51	11,9	194	52,9	116-136	136-155	155-175	175	154	136	129	121	118	116
12	17	80	178	73	10,6	195	48,6	117-137	137-156	156-176	176	147	131	121	116	123	113
13	18	75	177	69	7,7	195	38,8	116-136	136-155	155-175	177	145	122	112	104	96	92
14	18	70	180	70	8,7	194	42,2	116-136	136-155	155-175	188	173	152	143	135	131	120
15	18	85	187	68	10,7	195	48,9	116-136	136-155	155-175	181	156	144	136	130	124	123
16	18	74	179	85	10,5	195	48,3	116-136	136-155	155-175	178	160	131	123	116	114	113
17	18	86	185	79	8,3	194	40,9	116-136	136-155	155-175	180	164	148	137	129	124	120
18	18	67	176	73	6,9	202	36,2	121-141	141-162	162-182	179	164	135	126	117	109	109
19	18	71	183	75	8,1	194	40,2	116-136	136-155	155-175	183	163	140	133	129	120	108
20	18	84	179	80	6,3	203	34	121-141	141-162	162-182	182	145	139	120	118	100	103
21	18	66	183	65	7,3	200	37,5	121-141	141-162	162-182	178	161	127	112	108	105	102
											177	160	130	113	109	106	103

Legenda:

Brez energijske

VIRI IN LITERATURA

1. heart | Structure, Function, Diagram, Anatomy, & Facts | Britannica [Internet]. [cited 2022 Mar 1]. Available from: <https://www.britannica.com/science/heart>
2. Physiology of the Heart | SEER Training [Internet]. [cited 2022 Mar 3]. Available from: <https://training.seer.cancer.gov/anatomy/cardiovascular/heart/physiology.html>
3. Qiu S, Cai X, Sun Z, Li L, Zuegel M, Juergen ;, et al. Heart Rate Recovery and Risk of Cardiovascular Events and All-Cause Mortality: A Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. Available from: <http://ahajournals.org>
4. Food additives | Food Standards Agency [Internet]. [cited 2022 Mar 1]. Available from: https://www.food.gov.uk/safety-hygiene/food-additives#.U5_-29FOXcs
5. Why did EFSA carry out its risk assessment? [cited 2022 Mar 1]; Available from: www.efsa.europa.eu
6. Pharmacology of Caffeine - Caffeine for the Sustainment of Mental Task Performance - NCBI Bookshelf [Internet]. [cited 2022 Mar 1]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK223808/>
7. Ciruela F, Valverde O, Aso E, Castillo CA, Merighi S, Ballesteros-Yáñez I, et al. The Role of Adenosine Receptors in Psychostimulant Addiction. 2018; Available from: www.frontiersin.org
8. Nutr A, Tarnopolsky MA. Caffeine and Creatine Use in Sport. Annals of Nutrition and Metabolism [Internet]. 2010 Feb [cited 2022 Mar 1];57(Suppl. 2):1–8. Available from: <https://www.karger.com/Article/FullText/322696>
9. Pharmacology of Caffeine - Caffeine for the Sustainment of Mental Task Performance - NCBI Bookshelf [Internet]. [cited 2022 Mar 1]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK223808/>
10. Pickering C, Grgic J. Caffeine and Exercise: What Next? Sports Medicine (Auckland, N.Z) [Internet]. 2019 Jul 1 [cited 2022 Mar 1];49(7):1007. Available from: [/pmc/articles/PMC6548757/](https://pmc/articles/PMC6548757/)
11. Doty TJ, So CJ, Bergman EM, Trach SK, Ratcliffe RH, Yarnell AM, et al. Limited efficacy of caffeine and recovery costs during and following 5 days of chronic sleep restriction. Sleep. 2017 Dec 1;40(12).
12. Therapeutic Effects and Uses of Caffeine [Internet]. [cited 2022 Mar 3]. Available from: <https://www.ukessays.com/essays/biology/therapeutic-effects-caffeine-9652.php>
13. Green PJ, Kirby R, Suls J. The effects of caffeine on blood pressure and heart rate: A review. Annals of Behavioral Medicine 1996 18:3 [Internet]. 1996 [cited 2022 Mar 1];18(3):201–16. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02883398>
14. Energy Drinks | NCCIH [Internet]. [cited 2022 Mar 1]. Available from: <https://www.nccih.nih.gov/health/energy-drinks>
15. Scientific Opinion on the safety of caffeine. EFSA Journal. 2015 May 1;13(5).
16. sugar | Definition, Types, Formula, Processing, Uses, & Facts | Britannica [Internet]. [cited 2022 Mar 1]. Available from: <https://www.britannica.com/science/sugar-chemical-compound>
17. Clemens RA, Jones JM, Kern M, Lee SY, Mayhew EJ, Slavin JL, et al. Functionality of Sugars in Foods and Health. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety [Internet]. 2016 May 1 [cited 2022 Mar 1];15(3):433–70. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1541-4337.12194>

18. Schaffer SW, Ju Jong C, Kc R, Azuma J. Physiological roles of taurine in heart and muscle. *Journal of Biomedical Science* [Internet]. 2010 Aug 24 [cited 2022 Mar 2];17(SUPPL. 1):1–8. Available from: <https://jbiomedsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/1423-0127-17-S1-S2>
19. Schaffer S, Kim HW. Effects and Mechanisms of Taurine as a Therapeutic Agent. *Biomolecules & Therapeutics* [Internet]. 2018 May 1 [cited 2022 Mar 2];26(3):225. Available from: [/pmc/articles/PMC5933890/](https://pmc/articles/PMC5933890/)
20. Schaffer S, Kim HW. Effects and Mechanisms of Taurine as a Therapeutic Agent. *Biomolecules & Therapeutics* [Internet]. 2018 May 1 [cited 2022 Mar 8];26(3):225. Available from: [/pmc/articles/PMC5933890/](https://pmc/articles/PMC5933890/)
21. (PDF) A review: Maximal oxygen uptake (VO₂ max) and its estimation methods [Internet]. [cited 2022 Mar 8]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/344122808_A_review_Maximal_oxygen_uptake_V_O2_max_and_its_estimation_methods
22. Mayorga-Vega D, Aguilar-Soto P, Viciana J. Criterion-Related Validity of the 20-M Shuttle Run Test for Estimating Cardiorespiratory Fitness: A Meta-Analysis. *Journal of Sports Science & Medicine* [Internet]. 2015 Sep 1 [cited 2022 Mar 8];14(3):536. Available from: [/pmc/articles/PMC4541117/](https://pmc/articles/PMC4541117/)
23. Paradisis GP, Zacharogiannis E, Mandila D, Smirtiotou A, Argeitaki P, Cooke CB. Multi-Stage 20-m Shuttle Run Fitness Test, Maximal Oxygen Uptake and Velocity at Maximal Oxygen Uptake. *Journal of Human Kinetics* [Internet]. 2014 [cited 2022 Mar 8];41(1):81. Available from: [/pmc/articles/PMC4120467/](https://pmc/articles/PMC4120467/)
24. Alsunni AA. Energy Drink Consumption: Beneficial and Adverse Health Effects. *International Journal of Health Sciences* [Internet]. 2015 Oct 1 [cited 2022 Mar 8];9(4):468. Available from: [/pmc/articles/PMC4682602/](https://pmc/articles/PMC4682602/)
25. Beep Test VO₂max Calculator [Internet]. [cited 2022 Mar 3]. Available from: <https://www.topendsports.com/testing/beepcalc.htm>
26. Heart Rate Zones | The Basics | Polar Blog [Internet]. [cited 2022 Mar 3]. Available from: <https://www.polar.com/blog/running-heart-rate-zones-basics>
27. ENERGIJSKI NAPITEK LIMETA S-BUDGET, 250ML [Internet]. [cited 2022 Mar 2]. Available from: <https://www.spar.si/online/energijski-napitek-limeta-s-budget-250ml/p/472825>
28. GAZIRANA PIJAČA LIMONA, GREEN LEMON, 330ML [Internet]. [cited 2022 Mar 2]. Available from: <https://www.spar.si/online/gazirana-pijaca-limona-green-lemon-330ml/p/570849>
29. Palesch YY. Some common misperceptions about P values. *Stroke*. 2014 Dec 11;45(12):e244–6.
30. Darr KC, Bassett DR, Morgan BJ, Thomas DP. Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise. *The American journal of physiology* [Internet]. 1988 [cited 2022 Mar 8];254(2 Pt 2). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3344824/>
31. Sugawara J, Murakami H, Maeda S, Kuno S, Matsuda M. Change in post-exercise vagal reactivation with exercise training and detraining in young men. *European journal of applied physiology* [Internet]. 2001 [cited 2022 Mar 8];85(3–4):259–63. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11560079/>
32. Maeda S, Miyauchi T, Kakiyama T, Sugawara J, Iemitsu M, Irukayama-Tomobe Y, et al. Effects of exercise training of 8 weeks and detraining on plasma levels of endothelium-derived factors, endothelin-1 and nitric oxide, in healthy young humans. *Life sciences* [Internet]. 2001 Jul 20 [cited 2022 Mar 8];69(9):1005–16. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11508642/>

33. Storniolo JL, Esposti R, Cavallari P. Heart Rate Kinetics and Sympatho-Vagal Balance Accompanying a Maximal Sprint Test. *Frontiers in Psychology* [Internet]. 2020 Jan 22 [cited 2022 Mar 8];10. Available from: /record/2020-08711-001
34. Cataldo A, Cerasola D, Zangla D, Russo G, Sahin F, Traina M. Assessment of autonomic function as marker of training status: the role of heart rate recovery after exercise. 2014;2(1):89–97.
35. Barak OF, Ovcin ZB, Jakovljevic DG, Lozanov-Crvenkovic Z, Brodie DA, Grujic NG. Heart Rate Recovery after Submaximal Exercise in Four Different Recovery Protocols in Male Athletes and Non-Athletes. *Journal of Sports Science & Medicine* [Internet]. 2011 Jun [cited 2022 Mar 8];10(2):369. Available from: /pmc/articles/PMC3761860/
36. An SM, Park JS, Kim SH. Effect of energy drink dose on exercise capacity, heart rate recovery and heart rate variability after high-intensity exercise. *Journal of exercise nutrition & biochemistry* [Internet]. 2014 Mar [cited 2022 Mar 8];18(1):31–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25566437/>
37. Porto AA, Valenti VE, Tonon do Amaral JA, Benjamim CJR, Garner DM, Ferreira C. Energy Drink before Exercise Did Not Affect Autonomic Recovery Following Moderate Aerobic Exercise: A Crossover, Randomized and Controlled Trial. <https://doi.org/101080/0731572420201768175> [Internet]. 2020 [cited 2022 Mar 8];40(3):280–6. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07315724.2020.1768175>
38. Benjamim CJR, Monteiro LRL, Pontes YM de M, Silva AAM da, Souza TKM de, Valenti VE, et al. Caffeine slows heart rate autonomic recovery following strength exercise in healthy subjects. *Revista Portuguesa de Cardiologia (English Edition)*. 2021 Jun 1;40(6):399–406.
39. Schaffer SW, Ju Jong C, Kc R, Azuma J. Physiological roles of taurine in heart and muscle. *Journal of Biomedical Science* [Internet]. 2010 [cited 2022 Mar 8];17(Suppl 1):S2. Available from: /pmc/articles/PMC2994395/
40. Erdmann J, Wiciński M, Wódkiewicz E, Nowaczewska M, Słupski M, Otto SW, et al. Effects of Energy Drink Consumption on Physical Performance and Potential Danger of Inordinate Usage. *Nutrients* [Internet]. 2021 Aug 1 [cited 2022 Mar 8];13(8). Available from: /pmc/articles/PMC8401129/

BIBLIOGRAFIJA

41. Costanzo, Linda S. *Physiology*. s.l. : Elsevier - Health Sciences Division, 2017.
42. Juvan, Katja Ažman and Jug, . *Športa kardiologija*. Ljubljana : Združenje kardiologov Slovenije, 2014.