

# Utjecaj fitness tretmana na smanjivanje učinaka G sile kod vojnih pilota

---

**Peleško, Lucian**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:221:091088>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-15**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Split](#)



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
KINEZIOLOŠKI FAKULTET

**UTJECAJ FITNESS TRETMANA NA  
SMANJIVANJE UČINKA G SILE KOD  
VOJNIH PILOTA**

(ZAVRŠNI RAD)

**Student:**

Lucian Peleško

**Mentor:**

Dr. sc. Igor Jelaska

Split, 2024

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. FITNESS TRETMANI I NJIHOVA PRIMJENA .....	3
2.1. Vrste fitness tretmana .....	3
2.2. Povijest i evolucija fitness tretmana za pilote.....	4
2.3. Specifični programi za vojnu avijaciju.....	7
2.4. Trajanje i intenzitet tretmana .....	9
3. UČINAK G SILE.....	11
3.1. Definicija G sile .....	11
3.2. Subjektivni i objektivni pokazatelji učinka G sile .....	14
3.3. Utjecaj različitih tipova zrakoplova na G silu .....	16
4. STUDIJA SLUČAJA.....	18
4.1. Inicijalno testiranje pilota prije početka fitness programa .....	18
4.2. Simulacija izloženosti G silama i mjerenje subjektivnih i objektivnih reakcija .....	20
4.3. Opis programa .....	22
4.4. Specifične vježbe usmjerene na povećanje otpornosti na G sile .....	25
5. ZAKLJUČAK .....	30
LITERATURA.....	32
POPIS SLIKA.....	35

## SAŽETAK

Cilj ovog rada je prikazati strukturu fitness tretmana odnosno sami utjecaj fitness tretmana na savladavanje G-sile kod vojnih pilota. Rad je baziran na teoretskom dijelu te nije uzet nikakav uzorak za analizu. Fitness tretmani imaju značajan utjecaj na smanjenje učinka gravitacijske sile (G-sile) kod vojnih pilota. G-sila predstavlja silu koja djeluje na tijelo pilota tijekom brze promjene smjera ili brzine zrakoplova, što može dovesti do fizioloških problema poput gubitka svijesti (GLOC) zbog smanjenja protoka krvi u mozak. Zbog toga je izuzetno važno da piloti budu fizički pripremljeni kako bi izdržali ove ekstremne uvjete. Redovni fitness treninzi, posebno oni usmjereni na jačanje kardiovaskularnog sustava i miškulature, ključni su za povećanje otpornosti na G-silu. Aerobne vježbe poput trčanja, plivanja i vožnje bicikla poboljšavaju kapacitet srca i pluća, čime se osigurava bolji protok krvi i opskrba kisikom. Anaerobne vježbe, uključujući dizanje utega i vježbe otpora, jačaju mišiće, posebno one u trupu i donjem dijelu tijela, koji pomažu u održavanju stabilnosti i cirkulacije krvi tijekom izlaganja visokim G-silama. Jedan od ključnih elemenata treninga je i specifična obuka za izdržavanje G-sile, koja uključuje vježbe kao što su izometrički kontrakcije mišića nogu i trbuha, koje pomažu u održavanju krvnog tlaka i smanjenju rizika od G-LOC. Također, piloti se obučavaju za pravilno disanje i korištenje anti-G odijela koja dodatno pomažu u održavanju cirkulacije krvi. Studije su pokazale da piloti koji redovito sudjeluju u strukturiranim fitness programima imaju bolju fizičku kondiciju, manji rizik od G-LOC i veću sposobnost za brze reakcije tijekom leta. Osim fizičkih koristi, fitness treninzi također doprinose mentalnom zdravlju pilota, smanjujući stres i povećavajući ukupnu otpornost na izazove koje donosi letenje pri visokim G-silama. Fitness tretmani su neophodni za vojnih pilota jer značajno poboljšavaju njihovu fizičku spremnost, otpornost na G-silu i ukupnu sposobnost za sigurno i učinkovito izvršavanje zrakoplovnih misija.

**Ključne riječi:** vojni piloti, fitness, g sila

## SUMMARY

The aim of this paper is to present the structure of fitness training and its impact on overcoming G-forces in military pilots. The paper is based on a theoretical framework and does not include any sample analysis. Fitness treatments have a significant impact on reducing the effect of gravitational force (G-force) in military pilots. G-force is the force exerted on the pilot's body during a rapid change in direction or speed of the aircraft, which can lead to physiological problems such as loss of consciousness (G-LOC) due to reduced blood flow to the brain. This is why it is extremely important that pilots are physically prepared to withstand these extreme conditions. Regular fitness training, especially those focused on strengthening the cardiovascular system and musculature, is key to increasing G-force resistance. Aerobic exercises such as running, swimming and cycling improve the capacity of the heart and lungs, thereby ensuring better blood flow and oxygen supply. Anaerobic exercise, including weight lifting and resistance exercise, strengthens muscles, especially those in the trunk and lower body, which help maintain stability and blood circulation during exposure to high G-forces. One of the key elements of the training is the specific training to withstand the G-force, which includes exercises such as isometric contractions of the leg and abdominal muscles, which help maintain blood pressure and reduce the risk of G-LOC. Also, pilots are trained in proper breathing and the use of anti-G suits that further help maintain blood circulation. Studies have shown that pilots who regularly participate in structured fitness programs have better physical condition, a lower risk of G-LOC and a greater ability to react quickly during flight. In addition to physical benefits, fitness training also contributes to a pilot's mental health, reducing stress and increasing overall resilience to the challenges of flying at high G-forces. Fitness treatments are essential for military pilots because they significantly improve their physical fitness, G-force resistance, and overall ability to safely and effectively perform aviation missions.

**Keywords:** military pilots, fitness, g force



## 1. UVOD

Vojni piloti su stalno izloženi ekstremnim fizičkim i psihičkim izazovima koji proizlaze iz specifičnih zahtjeva njihovih misija. Jedan od najizazovnijih aspekata njihove profesije je izdržavanje visokih gravitacijskih sila (G-sila) koje se javljaju tijekom brzih manevara, ubrzanja i naglih zaokreta. G-sile djeluju na tijelo pilota tako da povećavaju težinu tijela i otežavaju protok krvi prema mozgu, što može dovesti do privremenog gubitka vida, a u ekstremnim slučajevima i do gubitka svijesti (G-LOC) (Britt i Pale, 2013). Takve situacije mogu ozbiljno ugroziti ne samo misiju, već i živote pilota i drugih članova posade.

Kako bi se smanjio negativan učinak G-sila, vojni piloti prolaze kroz rigorozne fizičke pripreme i treninge. U posljednjih nekoliko desetljeća, sve je veća pažnja posvećena razvoju specifičnih fitness programa koji su osmišljeni kako bi poboljšali fiziološke kapacitete pilota i povećali njihovu otpornost na G-sile. Fitness tretmani za vojne pilote obuhvaćaju širok spektar aktivnosti, uključujući aerobne vježbe, trening snage, fleksibilnost, kao i specijalizirane vježbe usmjerene na jačanje mišića jezgre i kardiovaskularnog sustava.

Aerobne vježbe, poput trčanja, plivanja i biciklizma, pomažu u poboljšanju kardiovaskularne kondicije, što je ključno za održavanje adekvatnog protoka krvi tijekom izloženosti G-silama. Trening snage, koji uključuje vježbe poput čučnjeva, mrtvih dizanja i bench pressa, pomaže u jačanju mišića cijelog tijela, a posebno mišića jezgre, što je ključno za održavanje stabilnosti i kontrolu tijela pod visokim opterećenjem. Fleksibilnost, postignuta kroz vježbe istezanja i joga, također igra važnu ulogu jer omogućava pilotima veću pokretljivost i smanjuje rizik od ozljeda. Jedan od ključnih aspekata fitness treninga za vojne pilote je razvoj specifičnih antigravitacijskih vježbi. Ove vježbe su osmišljene tako da simuliraju uvjete visokih G-sila i pomažu pilotima da se priviknu na osjećaj povećanog opterećenja na tijelo. Kroz redovito izvođenje ovih vježbi, piloti mogu poboljšati svoju toleranciju na G-sile, smanjiti rizik od G-LOC i poboljšati ukupnu učinkovitost tijekom leta.

Uz fizičke pripreme, mentalni trening i psihološka priprema također su važni aspekti pripreme vojnih pilota za suočavanje s visokim G-silama. Tehnike poput vizualizacije, meditacije i kontroliranog disanja mogu pomoći pilotima da bolje upravljaju stresom i održavaju koncentraciju tijekom kritičnih trenutaka.

Istraživanja su pokazala da strukturirani fitness tretmani mogu značajno poboljšati fiziološke i psihološke kapacitete vojnih pilota. Piloti koji redovito sudjeluju u fitness programima imaju bolji protok krvi, veću mišićnu izdržljivost i bolju mentalnu otpornost u usporedbi s onima koji ne sudjeluju u takvim programima (Björn i Monnier, 2009). Ovo povećanje fizičke spremnosti ne samo da pomaže u smanjenju rizika od G-LOC, već također doprinosi općem zdravlju i dugovječnosti pilota.

Osim individualnih koristi, fitness tretmani također imaju šire implikacije za vojne operacije. Piloti koji su fizički spremniji mogu provoditi složenije i zahtjevnije misije s većom sigurnošću i efikasnošću. Ovo povećava operativnu spremnost i kapacitet vojske, što je ključno za uspjeh u modernim borbenim uvjetima.

Ovaj rad će istražiti utjecaj fitness tretmana na smanjenje učinka G-sile kod vojnih pilota, s ciljem razumijevanja kako strukturirani fizički trening može poboljšati njihove performanse i sigurnost tijekom leta. Kroz analizu postojećih istraživanja i praktičnih primjera, nastojat će se identificirati najučinkovitije metode i strategije koje doprinose boljoj pripremljenosti pilota za suočavanje s ekstremnim uvjetima.



## 2. FITNESS TRETMANI I NJIHOVA PRIMJENA

### 2.1. Vrste fitness tretmana

Fitness tretmani su ključni za održavanje optimalne tjelesne kondicije i zdravlja, posebno za profesionalce koji su izloženi ekstremnim fizičkim uvjetima, kao što su vojni piloti. Njihova primjena ima za cilj poboljšanje fizičke izdržljivosti, snage, fleksibilnosti i općeg zdravlja, što je ključno za smanjenje učinka G sile kojoj su piloti izloženi tijekom leta. Vrste fitness tretmana su:

- Aerobni tretmani

Aerobni tretmani uključuju vježbe koje povećavaju rad srca i pluća kroz dugotrajne aktivnosti umjerenog intenziteta (Parks, Murrah, Weimar i Bigham, 2022). Primjeri uključuju trčanje, biciklizam, plivanje i veslanje. Ovi tretmani poboljšavaju kardiovaskularnu izdržljivost, što je ključno za vojne pilote jer pomaže u održavanju stabilnog protoka krvi i kisika tijekom izlaganja visokim G silama. Aerobni trening također poboljšava metabolizam i pomaže u održavanju zdrave tjelesne težine.

- Anaerobni tretmani

Anaerobni tretmani su intenzivniji, ali kraći, i uključuju aktivnosti poput sprinta, dizanja utega i visokointenzivnog intervalnog treninga (HIIT) (Parks i sur, 2022). Ove vježbe povećavaju mišićnu snagu i izdržljivost, što je od vitalnog značaja za pilote koji moraju izdržati velike fizičke napore tijekom manevra visokih G sila. Anaerobni trening također poboljšava sposobnost tijela da koristi energiju efikasno i brzo reagira na fizičke zahtjeve. ● Trening snage

Trening snage fokusira se na povećanje mišićne mase i snage kroz vježbe otpora, kao što su dizanje utega, korištenje elastičnih traka i vježbe s vlastitom težinom (Abrams, 2013). Ove vježbe jačaju mišiće cijelog tijela, uključujući ključne mišićne skupine koje pomažu u održavanju stabilnosti i kontrole tijekom izlaganja G silama. Redovan trening snage također smanjuje rizik od ozljeda i poboljšava opću tjelesnu funkcionalnost. ● Fleksibilnost i mobilnost

Vježbe fleksibilnosti, kao što su istezanje i joga, pomažu u održavanju i poboljšanju opsega pokreta u zglobovima i mišićima (Abrams, 2013). Ove vježbe su važne za vojnu avijaciju jer pomažu u sprječavanju ozljeda uzrokovanih naglim pokretima ili stresom na zglobove.

Fleksibilnost također doprinosi boljoj tjelesnoj kontroli i koordinaciji, što je ključno tijekom složenih zrakoplovnih manevra.

- Stabilizacijski i balansni trening

Stabilizacijske vježbe, koje uključuju korištenje nestabilnih površina poput balansnih ploča i pilates lopti, pomažu u jačanju jezgrenih mišića i poboljšanju balansa (Parks i sur, 2022). Ovaj tip treninga je posebno koristan za pilote jer jača mišiće koji stabiliziraju tijelo tijekom dinamičkih pokreta i pomaže u održavanju ravnoteže tijekom visokog stresa.

Primjena fitness tretmana u vojnoj avijaciji zahtijeva specifičan i sistematski pristup. Programi treninga su dizajnirani tako da odgovaraju specifičnim potrebama pilota, uzimajući u obzir učinke visokih G sila i zahtjeve zrakoplovnih operacija. U nastavku je navedeno nekoliko ključnih aspekata primjene:

- Personalizirani programi

Trening programi se individualiziraju prema fizičkoj kondiciji, iskustvu i specifičnim potrebama svakog pilota. Personalizacija omogućava ciljani pristup koji maksimizira učinkovitost i sigurnost treninga.

- Periodizacija treninga

Programi se strukturiraju u različite faze, uključujući faze izgradnje temelja, specifičnog kondicioniranja i održavanja. Periodizacija pomaže u optimiziranju fizičke spremnosti i sprječavanju pretreniranosti.

Fitness tretmani se integriraju s redovitim operativnim obukama kako bi se osigurala kontinuirana fizička spremnost što uključuje simulacije leta, G-tolerancijske testove i druge specifične treninge relevantne za pilotske dužnosti (Abrams, 2013). Redovno praćenje fizičke kondicije i performansi pilota omogućava prilagodbe u trening programima. Korištenje tehnologije, kao što su nosivi uređaji i aplikacije za praćenje treninga, omogućava detaljnu analizu i prilagodbu programa. U konačnici, učinkoviti fitness tretmani koji se primjenjuju u vojnoj avijaciji pomažu u povećanju fizičke izdržljivosti, snage i fleksibilnosti pilota, čime se smanjuje negativan utjecaj G sile i poboljšava ukupna operativna sposobnost. Održavanje optimalne tjelesne kondicije ključno je za sigurnost i uspješnost vojnih zrakoplovnih misija.

## 2.2. Povijest i evolucija fitness tretmana za pilote

Fitness tretmani za pilote razvijali su se paralelno s napretkom zrakoplovstva i razumijevanjem fizičkih zahtjeva koje piloti moraju podnijeti. Od ranih dana zrakoplovstva do modernih vojnih

operacija, fizička spremnost pilota postala je ključni faktor za njihovu učinkovitost i sigurnost u zrakoplovima. U ranim danima zrakoplovstva, početkom 20. stoljeća, fizička spremnost pilota nije bila prioritet (Annesi, 2010). Piloti su se više oslanjali na svoju hrabrost i tehničke vještine nego na tjelesnu kondiciju. Međutim, s razvojem aviona i povećanjem brzine i manevarskih sposobnosti, postalo je jasno da fizička spremnost igra značajnu ulogu u sposobnosti pilota da izdrži fizičke napore tijekom leta.

Tijekom Drugog svjetskog rata, vojno zrakoplovstvo doživjelo je dramatičan razvoj. Piloti su bili izloženi ekstremnim uvjetima, uključujući visoke G sile tijekom zračnih borbi. Uvidjelo se da fizička kondicija može utjecati na sposobnost pilota da izdrži te uvjete. Počeli su se razvijati osnovni fitness programi koji su uključivali aerobne vježbe, trening snage i fleksibilnosti kako bi se poboljšala izdržljivost pilota (Pereira, Baptista i Ferreira, 2016).

Tijekom Hladnog rata, razvoj mlaznih aviona i sofisticiranih manevarskih sposobnosti povećao je važnost fizičke spremnosti pilota. S pojavom visokih G sila koje su piloti doživljavali u borbenim zrakoplovima, postalo je ključno razviti specifične fitness programe koji bi im pomogli u boljoj toleranciji tih sila (Annesi, 2010). Razvijeni su sustavi za G-tolerancijske testove, a fitness programi postali su strukturirani, uključujući specifične vježbe za jačanje jezgrenih mišića i poboljšanje kardiovaskularne izdržljivosti.

U modernom vojnom zrakoplovstvu, fitness tretmani za pilote postali su sofisticirani i znanstveno utemeljeni. Programi su dizajnirani na temelju detaljnih istraživanja o fiziološkim zahtjevima leta i učincima visokih G sila na ljudsko tijelo. Moderni fitness tretmani obuhvaćaju nekoliko ključnih komponenti:

- Aerobni trening - Ovaj tip treninga poboljšava kardiovaskularnu izdržljivost, što je ključno za održavanje optimalnog protoka krvi i kisika tijekom leta (Pereira i sur, 2016).
- Anaerobni trening - Intenzivne, kratkotrajne vježbe koje povećavaju mišićnu snagu i izdržljivost, što pomaže pilotima da izdrže fizičke napore tijekom manevra visokih G sila (Annesi, 2010).
- Trening snage - Usmjeren na jačanje mišića cijelog tijela, posebno jezgrenih mišića koji su ključni za stabilnost i kontrolu tijela tijekom leta (Pereira i sur, 2016).

- Fleksibilnost i mobilnost - Vježbe istezanja i mobilnosti pomažu u održavanju opsega pokreta i sprječavanju ozljeda Annesi, 2010).
- Balans i stabilizacija - Vježbe koje poboljšavaju stabilnost i balans tijela, što je važno za održavanje kontrole tijekom složenih zrakoplovnih manevara (Pereira i sur, 2016). S razvojem tehnologije, moderni fitness programi za pilote koriste napredne alate za praćenje i evaluaciju fizičke kondicije. Nosivi uređaji, aplikacije za praćenje treninga i simulacije leta koriste se za precizno mjerenje fizičkih parametara i prilagodbu trening programa. Ovi alati omogućavaju personalizirani pristup koji maksimizira učinkovitost treninga i sigurnost pilota (Roy, Springer i Butler, 2010). Gledajući u budućnost, fitness tretmani za pilote će se vjerojatno još više integrirati s tehnološkim napretkom. Razvoj novih metoda za povećanje G-tolerancije, uključujući biomedicinske intervencije i genetska istraživanja, mogao bi dodatno poboljšati fizičku spremnost pilota. Također, s povećanjem upotrebe bespilotnih letjelica i naprednih zrakoplovnih sustava, fitness programi će se prilagođavati kako bi odgovorili na nove zahtjeve i izazove. Evolucija fitness tretmana za pilote odražava napredak u razumijevanju fizičkih zahtjeva leta i potreba za fizičkom spremnošću. Od ranih neformalnih pristupa do modernih znanstveno utemeljenih programa, fitness tretmani su postali ključni za sigurnost i učinkovitost pilota. Ovi programi ne samo da pomažu u smanjenju negativnih učinaka visokih G sila, već i poboljšavaju ukupnu operativnu sposobnost i dugoročno zdravlje pilota.

### 2.3. Specifični programi za vojnu avijaciju

U vojnoj avijaciji, fizička spremnost pilota je od ključne važnosti za uspješno izvođenje operacija. Specifični programi za vojnu avijaciju osmišljeni su kako bi se optimizirale fizičke i mentalne sposobnosti pilota, omogućujući im da učinkovito odgovore na zahtjeve modernog zrakoplovstva. Ovi programi uključuju različite aspekte kondicijskog treninga, prilagođene posebnim potrebama i izazovima s kojima se suočavaju vojni piloti.

Specifični programi za vojnu avijaciju temelje se na sveobuhvatnom pristupu koji obuhvaća kardiovaskularni trening, trening snage, fleksibilnosti, koordinacije, mentalne pripreme i nutricionizma (Corbin i Welk, 2008). Ovi programi su osmišljeni kako bi piloti postigli vrhunsku fizičku spremnost, smanjili rizik od ozljeda i poboljšali svoju sposobnost podnošenja stresnih uvjeta tijekom leta.

Kardiovaskularni trening je ključan za održavanje izdržljivosti pilota tijekom dugotrajnih misija. Programi obuhvaćaju aerobne aktivnosti poput trčanja, biciklizma i plivanja, koje pomažu u poboljšanju srčane funkcije i kapaciteta pluća. Intervalni trening visokog intenziteta (HIIT) također se koristi kako bi se simulirali stresni uvjeti tijekom leta i poboljšala sposobnost tijela da brzo reagira na fizičke zahtjeve (Campbell, Jesus i Prapavessis, 2020).

Trening snage fokusira se na razvoj mišićne mase i snage, posebno u jezgrenim mišićima koji su ključni za stabilizaciju tijela tijekom manevriranja zrakoplovom. Programi uključuju vježbe s utezima, vježbe s vlastitom težinom i funkcionalne vježbe koje oponašaju pokrete i zahtjeve s kojima se piloti susreću tijekom leta. Specifični treninzi mogu uključivati mrtvo dizanje, čučnjeve, sklekove, podizanje na vratilu i rotacijske vježbe koje jačaju trbušne mišiće i donji dio leđa (Corbin i Welk, 2008).

Fleksibilnost i mobilnost su ključni za sprečavanje ozljeda i održavanje opsega pokreta potrebnog za učinkovito upravljanje zrakoplovom. Programi uključuju vježbe istezanja, jogu i pilates, koji pomažu u održavanju elastičnosti mišića i zglobova. Povećanje fleksibilnosti smanjuje rizik od mišićnih napetosti i ozljeda te poboljšava ukupnu tjelesnu kontrolu i koordinaciju (Corbin i Welk, 2008).

Mentalna priprema je ključni aspekt specifičnih programa za vojnu avijaciju. Piloti su izloženi visokim razinama stresa i moraju donositi brze i precizne odluke. Programi uključuju tehnike za

smanjenje stresa, poput meditacije, mindfulnessa i kognitivno-bihevioralne terapije (Campbell i sur, 2020). Ove metode pomažu pilotima da zadrže mirnoću i fokus tijekom stresnih situacija. Također, simulacije leta i virtualna stvarnost koriste se za trening mentalne pripreme, omogućujući pilotima da vježbaju reakcije na različite scenarije i uvjete.

Nutricionizam igra ključnu ulogu u održavanju optimalne tjelesne kondicije i oporavka. Specifični programi za vojnu avijaciju uključuju prehrambene smjernice koje osiguravaju adekvatan unos energije, makronutrijenata i mikronutrijenata. Pravilna prehrana pomaže u održavanju razine energije, podržava imunološki sustav i omogućava brži oporavak nakon intenzivnih treninga i misija (Hubbard, 2003).

Specifični programi za vojnu avijaciju koriste princip periodizacije, gdje se treninzi strukturiraju u različite faze kako bi se postigla vrhunska kondicija u ključnim trenucima (Corbin i Welk, 2008). Faze uključuju izgradnju temelja, specifični kondicijski trening i održavanje. Programi su dinamični i prilagodljivi, omogućujući prilagodbe prema individualnim potrebama pilota i operativnim zahtjevima.

Piloti uključuju ove specifične programe u svoju svakodnevnu rutinu, kombinirajući fizičke i mentalne treninge s redovnim operativnim obukama. Treninzi su dizajnirani tako da se mogu provoditi i tijekom misija, koristeći opremu koja je dostupna u bazama ili na terenu. Ovaj pristup osigurava kontinuitet treninga i održavanje visokog stupnja tjelesne spremnosti bez obzira na lokaciju ili uvjete.

Specifični programi za vojnu avijaciju predstavljaju sveobuhvatan i prilagodljiv pristup tjelesnoj kondiciji, osmišljen kako bi zadovoljio jedinstvene potrebe vojnih pilota. Ovi programi ne samo da poboljšavaju fizičke performanse, već i mentalnu otpornost, omogućujući pilotima da odgovore na visoke zahtjeve i stresne uvjete svojih operacija. Kroz kardiovaskularni trening, trening snage, fleksibilnost, mentalnu pripremu i nutricionizam, ovi programi osiguravaju da piloti ostanu u vrhunskoj formi, spremni za sve izazove koje donosi njihova služba.

## 2.4. Trajanje i intenzitet tretmana

Trajanje i intenzitet fitness tretmana ključni su elementi u osmišljavanju učinkovitih programa kondicijskog treninga za vojne pilote. Ovi parametri određuju koliko dugo i koliko naporno piloti trebaju vježbati kako bi postigli optimalne rezultate. Pravilno definirano trajanje i intenzitet tretmana pomažu u postizanju specifičnih ciljeva, kao što su povećanje izdržljivosti, snage, fleksibilnosti i mentalne spremnosti, dok se istovremeno smanjuje rizik od ozljeda i pretreniranosti (Hubbard, 2003).

Trajanje fitness tretmana varira ovisno o ciljevima treninga i specifičnim potrebama pilota.

Općenito, trajanje treninga može se podijeliti na:

- Kratkotrajne sesije (do 30 minuta)

Kratkotrajne sesije često se koriste za visokointenzivni intervalni trening (HIIT) i specifične vježbe snage. HIIT sesije uključuju kratke periode intenzivnog vježbanja praćene kratkim periodima odmora. Ove sesije su učinkovite za poboljšanje kardiovaskularne izdržljivosti i sagorijevanje kalorija u kratkom vremenu (Shepherd, 2012). Također, kratke sesije mogu biti korisne za ciljanje određenih mišićnih skupina bez preopterećenja tijela.

- Srednje dugotrajne sesije (30-60 minuta)

Srednje dugotrajne sesije su najčešće u fitness programima za vojne pilote. Ove sesije omogućuju dovoljno vremena za obuhvaćanje različitih aspekata treninga, uključujući aerobne vježbe, trening snage i fleksibilnosti (Astrand, 1992). Na primjer, 30-40 minuta može se posvetiti kardiovaskularnim vježbama poput trčanja ili biciklizma, dok se preostalo vrijeme može koristiti za vježbe snage i istezanja.

- Dugotrajne sesije (preko 60 minuta)

Dugotrajne sesije obično se koriste za specijalizirane treninge, kao što su izdržljivost na dugim letovima ili priprema za specifične misije. Ove sesije mogu uključivati kombinaciju aerobnih i anaerobnih vježbi, kao i trening mentalne spremnosti. Dugotrajni treninzi zahtijevaju pažljivo planiranje kako bi se izbjegla pretreniranost i osigurao adekvatan oporavak (Shepherd, 2012).

Intenzitet tretmana odnosi se na težinu i napor vježbi tijekom treninga. Postoji nekoliko razina intenziteta koje se mogu primijeniti:

- Niski intenzitet

Treninzi niskog intenziteta uključuju aktivnosti kao što su hodanje, lagano trčanje ili lagane vježbe snage. Ovi treninzi su korisni za oporavak, održavanje osnovne kondicije i smanjenje stresa. Niski intenzitet je također važan za početnike ili pilote koji se oporavljaju od ozljeda.

- Umjereni intenzitet

Umjereni intenzitet uključuje aktivnosti kao što su brže trčanje, biciklizam srednjeg tempa i umjerene vježbe snage (Shepherd, 2012). Ovi treninzi poboljšavaju kardiovaskularnu izdržljivost i mišićnu snagu bez preopterećenja tijela. Umjereni intenzitet je često preporučen za redovite treninge kako bi se održala optimalna kondicija.

- Visoki intenzitet

Visokointenzivni treninzi uključuju aktivnosti poput sprints, HIIT vježbi i teških vježbi snage. Ove vježbe su dizajnirane za maksimalno povećanje kondicije, snage i izdržljivosti u kratkom vremenu. Međutim, visok intenzitet također nosi veći rizik od ozljeda i pretreniranosti, stoga je važno pažljivo upravljati volumenom i frekvencijom ovih treninga (Shepherd, 2012).

Balansiranje trajanja i intenziteta tretmana ključno je za postizanje optimalnih rezultata i izbjegavanje negativnih učinaka poput pretreniranosti ili ozljeda. U vojnoj avijaciji, programi treninga često koriste periodizaciju – pristup koji uključuje različite faze treninga s promjenama u trajanju i intenzitetu (Astrand, 1992). Na primjer:

Faza izgradnje temelja: Fokus na dugotrajnijim treninzima niskog do umjerenog intenziteta za izgradnju osnovne kondicije (Heng, Wei, Liu i Yan, 2022).

Faza specifičnog kondicijskog treninga: Uključuje srednje do visoko intenzivne treninge srednjeg trajanja kako bi se poboljšala specifična kondicija potrebna za let.

Faza održavanja: Fokus na balansiranju treninga različitog trajanja i intenziteta kako bi se održala kondicija bez preopterećenja.

Pravilno određivanje trajanja i intenziteta tretmana ključni su za učinkovitost fitness programa za vojne pilote. Kombiniranjem različitih trajanja i intenziteta u skladu s ciljevima treninga i specifičnim potrebama pilota, osigurava se optimalna fizička i mentalna spremnost, smanjuje rizik od ozljeda i poboljšava ukupna operativna sposobnost (Heng i sur, 2022). U vojnoj avijaciji, gdje su zahtjevi visoki i uvjeti često ekstremni, pažljivo planirani fitness programi od vitalne su važnosti za uspjeh i sigurnost pilota.



### 3. UČINAK G SILE

#### 3.1. Definicija G sile

G sila, poznata i kao gravitacijska ili inercijalna sila, izraz je koji opisuje snagu ubrzanja koju tijelo doživljava kao posljedicu kretanja (NASA, 2011). Ovaj termin često se koristi u kontekstu zrakoplovstva, automobilskih utrka i svemirskih putovanja, gdje su visoke razine ubrzanja uobičajene.

Pojam G sila temelji se na osnovnom konceptu gravitacije. Jedna G sila (1 G) ekvivalentna je ubrzanju uzrokovanom gravitacijom Zemlje, koja iznosi približno 9.81 metara po sekundi na kvadrat ( $m/s^2$ ) (NASA, 2011). Kada osoba stoji na Zemljinoj površini, osjeća silu gravitacije koja ih privlači prema tlu, što se doživljava kao 1 G.

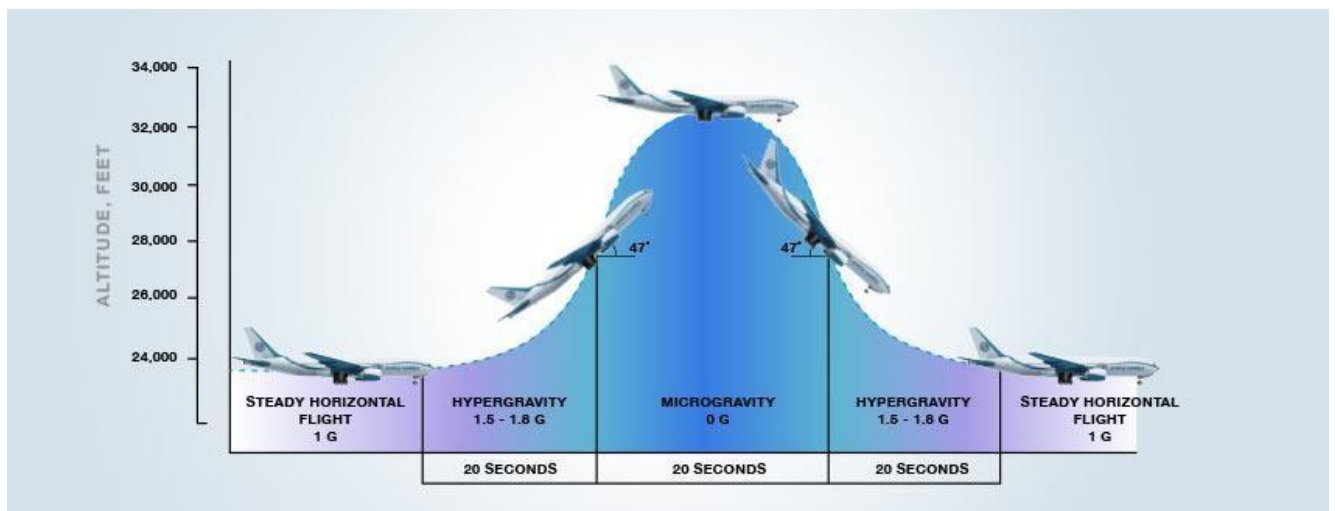
U zrakoplovstvu, G sile postaju posebno važne zbog manevarskih sposobnosti zrakoplova. Kada avion ubrzava, usporava ili izvodi oštre zavoje, piloti i putnici doživljavaju promjene u G silama. Na primjer, tijekom naglog penjanja, pilot može osjetiti pozitivne G sile (pozitivni G), koje ga "pritiskuju" u sjedalo (Sangera, 2007). Suprotno tome, tijekom naglog poniranja, pilot može doživjeti negativne G sile (negativni G), koje stvaraju osjećaj "dizanja" iz sjedala. Vrste G sila su:

- Pozitivne G sile: Ove sile nastaju kada ubrzanje djeluje prema gore, uzrokujući da krv teče prema donjem dijelu tijela. U visokim pozitivnim G silama, piloti mogu doživjeti vizualne efekte poput "sivila" ili čak gubitka svijesti (G-LOC - G-force induced Loss of Consciousness) zbog smanjenog protoka krvi i kisika u mozak (Horak i Renze, 2013).
- Negativne G sile: Ove sile nastaju kada ubrzanje djeluje prema dolje, uzrokujući da krv teče prema glavi. Negativne G sile mogu biti neugodne i opasne jer povećavaju pritisak u krvnim žilama glave i očiju, što može dovesti do oštećenja.
- Lateralne G sile: Ove sile djeluju vodoravno na tijelo, obično se javljaju tijekom naglih skretanja (Horak i Renze, 2013). Lateralne G sile mogu uzrokovati nelagodu i smanjenu sposobnost upravljanja zrakoplovom.

G sile se mjere pomoću uređaja zvanih akcelerometri, koji su često integrirani u zrakoplove i druge vozila. Ovi uređaji precizno bilježe ubrzanja u različitim smjerovima, omogućujući pilotima i inženjerima da prate i analiziraju sile koje djeluju na zrakoplov i njegove putnike (Horak i Renze, 2013).

Ljudsko tijelo može podnijeti određene razine G sila, no dugotrajno izlaganje ili izloženost ekstremno visokim silama može dovesti do ozljeda ili gubitka svijesti. Stoga je važno za pilote i putnike da budu svjesni ovih sila i poduzmu odgovarajuće mjere kako bi se zaštitili. Specijalizirana odijela, poznata kao G-suits, koriste se u vojnim zrakoplovstvima kako bi pomogla pilotima da izdrže visoke pozitivne G sile.

G sila je temeljni koncept u fizici kretanja koji opisuje ubrzanja koja tijelo doživljava. U zrakoplovstvu, razumijevanje G sila ključno je za sigurnost i učinkovitost pilota i zrakoplova. Kroz prilagodbu treninga, korištenje specijalizirane opreme i stalno praćenje, moguće je upravljati utjecajem G sila i osigurati sigurnost i performanse u ekstremnim uvjetima.



Slika 1. Prikaz simulacije uvjeta mikrogravitacije (dostupno na: <https://community.infiniteflight.com/t/g-force-question/333725/2> )

Ova slika prikazuje profil leta aviona koji izvodi manevar poznat kao "parabolični let" ili "let slobodnog pada", koji se koristi za simulaciju uvjeta mikrogravitacije (0 G). Ovaj manevar je također poznat pod nazivom "Vomit Comet" zbog mučnine koju može izazvati kod putnika.

Faze leta:

Steady Horizontal Flight (Stabilan horizontalni let):

U ovoj fazi, avion leti ravnomjerno na visini od oko 24,000 do 26,000 stopa (približno 7,300 do 7,900 metara) pri standardnoj gravitaciji (1 G).

Hypergravity (Hipergravitacija):

Avion počinje ubrzavati i penjati se pod kutom od  $47^\circ$ . U ovoj fazi, putnici osjećaju povišenu gravitacijsku silu, između 1.5 i 1.8 G. Ova faza traje otprilike 20 sekundi.

Microgravity (Mikrogravitacija):

Na vrhu parabole, avion ulazi u fazu slobodnog pada gdje je unutarnja gravitacija praktički 0 G. Ova faza traje oko 20 sekundi, tijekom koje putnici doživljavaju bestežinsko stanje.

Hypergravity (Hipergravitacija):

Nakon faze mikrogravitacije, avion počinje spuštanje pod istim kutom od  $47^\circ$ , te putnici ponovno osjećaju povišenu gravitacijsku silu od 1.5 do 1.8 G. Ova faza također traje oko 20 sekundi.

Steady Horizontal Flight (Stabilan horizontalni let):

Avion se vraća na stabilan horizontalni let pri standardnoj gravitaciji (1 G) na visini od oko 24,000 do 26,000 stopa.

Altitude (Visina):

Visina aviona se mijenja tijekom cijelog manevara, dosežući maksimum od približno 34,000 stopa (oko 10,300 metara) na vrhu parabole, a zatim se vraća na početnu visinu od 24,000 do 26,000 stopa. Trajanje:

Cijeli ciklus, koji uključuje dvije faze hipergravitacije i jednu fazu mikrogravitacije, traje oko 60 sekundi, s time da svaka pojedinačna faza (hipergravitacija i mikrogravitacija) traje po 20 sekundi. Ova metoda se često koristi za obuku astronauta, znanstvena istraživanja u uvjetima mikrogravitacije, te za snimanje filmova ili komercijalne "bestežinske" letove za turiste.

### 3.2. Subjektivni i objektivni pokazatelji učinka G sile

Praćenje i razumijevanje ovih učinaka ključno je u zrakoplovstvu i vojnim operacijama kako bi se osigurala sigurnost i performanse pilota. Pokazatelji učinka G sile mogu biti subjektivni, temeljeći se na osobnim iskustvima i osjećajima, i objektivni, koji se temelje na mjerljivim fiziološkim promjenama (Dodson, 2016).

Subjektivni pokazatelji se odnose na osobna iskustva i percepcije pilota tijekom i nakon izlaganja G silama. Ovi pokazatelji su važni jer pružaju uvid u pilotovu sposobnost da se nosi s fizičkim stresom i mogu signalizirati potencijalne probleme prije nego što postanu ozbiljni.

Vizualni efekti:

- Sivi veo (Grey-out): Pilot može primijetiti smanjenje perifernog vida, što je često prvi znak smanjenog dotoka krvi u mozak zbog visokih pozitivnih G sila (Soga, 2013).
- Crni veo (Black-out): Potpuni gubitak vida, iako je svijest još uvijek očuvana. Ovo je ozbiljan znak smanjenog protoka krvi i kisika u mozak.
- Crvenilo (Red-out): Javlja se tijekom negativnih G sila kada krv pritiska prema glavi, uzrokujući osjećaj pritiska i crvenilo vida (Soga, 2013).

Senzacije i osjećaji:

- Vrtoglavica i dezorijentacija: Česti su simptomi tijekom i nakon izlaganja visokim G silama.
- Mučnina: Može se pojaviti zbog promjena u ravnoteži i unutarnjem uhu.
- Osjećaj težine: Tijelo se osjeća teže pod utjecajem pozitivnih G sila, dok pod negativnim G silama može postojati osjećaj lakoće ili lebdenja.

Bol i nelagoda:

- Bol u mišićima i zglobovima: Zbog pritiska i naprezanja tijekom visokih G sila.
- Prsa i abdomen: Nelagoda u ovim područjima može se pojaviti zbog pritiska organa i mišića.

Objektivni pokazatelji uključuju mjerljive fiziološke promjene koje se javljaju kao odgovor na G sile (Soga, 2013). Ovi pokazatelji su važni za kvantitativnu procjenu utjecaja G sila i za razvoj mjera za poboljšanje otpornosti pilota.

Kardiovaskularni odgovori:

- Krvni tlak: Visoke pozitivne G sile mogu uzrokovati smanjenje krvnog tlaka u mozgu, što vodi do hipoksije. Mjerenje krvnog tlaka pomaže u procjeni rizika od G-LOC (G-force induced Loss of Consciousness) (Soga, 2013).
- Brzina otkucaja srca: Promjene u brzini otkucaja srca mogu ukazivati na stres i napor tijela pod G silama. Povećanje brzine otkucaja srca često prati pokušaj tijela da održi adekvatan protok krvi.

Respiratorni odgovori:

- Kapnografija: Mjerenje razine ugljičnog dioksida u izdahnutom zraku može pružiti uvid u ventilacijski status pilota pod G silama.
- Saturacija kisika: Oksimetri mjere zasićenost kisikom u krvi, što je ključno za prepoznavanje hipoksije.

Neuromuskularni odgovori:

- EMG (Elektromiografija): Ova tehnika mjeri mišićnu aktivnost i može pokazati kako se mišići nose s povećanim naporom tijekom G sila (Horak i Renze, 2013).
- Refleksi: Mjerenje refleksa može ukazivati na neurološke promjene koje se javljaju pod utjecajem visokih G sila.

Vestibularni odgovori:

- Testovi ravnoteže i koordinacije: Ovi testovi pomažu u procjeni funkcije unutarnjeg uha i sposobnosti pilota da održi ravnotežu i koordinaciju pod G silama.

Hormonalni odgovori:

- Kortizol: Razina kortizola, hormona stresa, može se povećati pod utjecajem G sila, što ukazuje na fiziološki stres.

Razumijevanje subjektivnih i objektivnih pokazatelja učinka G sile ključno je za optimizaciju treninga i opreme za pilote, kako bi se osigurala njihova sigurnost i učinkovitost. Subjektivni pokazatelji pružaju važan uvid u individualne reakcije i nelagode, dok objektivni pokazatelji omogućuju kvantitativnu procjenu fizioloških promjena (Horak i Renze, 2013). Kombinacija ovih podataka pomaže u razvoju boljih strategija za upravljanje utjecajem G sila na tijelo i osigurava da piloti mogu sigurno i učinkovito obavljati svoje dužnosti.

### 3.3. Utjecaj različitih tipova zrakoplova na G silu

Utjecaj različitih tipova zrakoplova na G silu može biti značajan faktor koji utječe na doživljavanje G sila od strane pilota i putnika. Različite konstrukcije, performanse i manevarske sposobnosti zrakoplova rezultiraju različitim scenarijima izlaganja G silama, što zahtijeva raznolike strategije prilagodbe i sigurnosne mjere (Björn i Monnier, 2009).

- Jednomotorni avioni:

Jednomotorni avioni obično imaju manju masu i manje manevarske sposobnosti u usporedbi s višemotornim zrakoplovima. Piloti ovih aviona mogu biti izloženi višim G silama tijekom izvođenja naglih manevara kao što su oštri zavoji ili naglo penjanje (Britt i Palle, 2013). To može rezultirati većim fiziološkim opterećenjem na pilote, posebno tijekom akrobatskih letova.

- Višemotorni avioni:

Višemotorni avioni obično imaju veću masu i bolje stabilizatore, što ih čini manje osjetljivima na promjene G sile. Ovi avioni obično imaju veće rezerve snage i stabilnije letove, što smanjuje izloženost pilotima visokim G silama (Yong i Min, 2003). Međutim, veći zrakoplovi mogu imati veće mase u pokretu, što znači da se može zahtijevati više energije za promjenu brzine i smjera, što rezultira povećanom izloženosti G silama.

- Borbeni zrakoplovi:

Borbeni zrakoplovi, kao što su lovački avioni ili bombarderi, često su dizajnirani za izvođenje ekstremnih manevara u borbenim situacijama. Oni imaju visoke performanse i mogu doseći visoke brzine i ubrzanja. Piloti ovih zrakoplova mogu biti izloženi visokim pozitivnim i negativnim G silama tijekom brzih manevra, što zahtijeva posebne tehnike disanja i treninge kako bi se spriječio gubitak svijesti ili nelagoda (Yong i Min, 2003).

- Transportni zrakoplovi:

Transportni zrakoplovi, kao što su putnički avioni ili teretni transporter, obično imaju stabilnije letove s manjim promjenama G sile. Međutim, ovi zrakoplovi mogu doživjeti periodične promjene G sile tijekom uzlijetanja, slijetanja i tijekom turbulencija (Britt i Palle, 2013). Putnici na takvim letovima mogu osjetiti blagu nelagodu ili osjećaj težine tijekom ovih faza leta.

- Helikopteri:  
Helikopteri imaju jedinstvene karakteristike letenja koje ih razlikuju od fiksno-krilnih zrakoplova. Naglo uzlijetanje, spuštanje i manevriranje mogu rezultirati visokim G silama, pogotovo kada se koristi taktički ili vojni helikopter. Piloti i putnici u helikopterima moraju biti svjesni potencijalnih promjena G sile tijekom leta i pripremljeni za pravilno reagiranje (Britt i Palle, 2013).

Razumijevanje utjecaja različitih tipova zrakoplova na G silu ključno je za razvoj sigurnosnih protokola, pravila letenja i prilagodbe opreme kako bi se osigurala sigurnost i udobnost tijekom leta. Pravilna obuka pilota i putnika, kao i primjena ergonomskih rješenja, pomažu u minimiziranju rizika od štetnih učinaka G sila na ljudsko tijelo tijekom leta.

## 4. STUDIJA SLUČAJA

### 4.1. Inicijalno testiranje pilota prije početka fitness programa

Prije početka fitness programa za smanjenje učinka G sile kod vojnih pilota, potrebno je provesti detaljno inicijalno testiranje. Ovo testiranje pruža osnovne podatke o fizičkom i psihičkom stanju pilota, omogućujući prilagodbu programa njihovim individualnim potrebama (Mendes, Gomes i Brasileiro, 2018). Testiranje se sastoji od nekoliko ključnih komponenti:

#### 1. Medicinski pregled

Prvi korak je sveobuhvatan medicinski pregled kako bi se osiguralo da su piloti u dobrom zdravstvenom stanju i spremni za sudjelovanje u intenzivnom fitness programu. Medicinski pregled uključuje:

- Kardiovaskularni pregled: Mjerenje krvnog tlaka i EKG kako bi se provjerila funkcija srca.
- Respiratorni pregled: Testiranje plućne funkcije, uključujući spirometriju, kako bi se procijenila kapacitet i zdravlje pluća.
- Mišićno-koštani pregled: Procjena stanja mišića, kostiju i zglobova kako bi se identificirale eventualne ozljede ili slabosti (Mendes i sur, 2018).

#### 2. Mjerenje fizioloških parametara

Nakon medicinskog pregleda, slijedi mjerenje osnovnih fizioloških parametara:

- Krvni tlak: Mjerenje krvnog tlaka u mirovanju kako bi se utvrdila početna vrijednost.
- Brzina otkucaja srca: Mjerenje pulsa u mirovanju i nakon blagog fizičkog napora kako bi se procijenila srčana reakcija na vježbu.
- Tjelesna kompozicija: Mjerenje tjelesne mase, visine, BMI-a (indeks tjelesne mase) i postotka tjelesne masti, kako bi se dobila cjelovita slika o tjelesnoj kondiciji pilota (Murray i Lange, 2015).

#### 3. Procjena fizičke spremnosti

Procjena fizičke spremnosti uključuje niz testova za procjenu aerobne izdržljivosti, snage jezgre i mišićne snage:



- Aerobna izdržljivost: Testiranje na traci za trčanje ili biciklu s postupnim povećanjem intenziteta do maksimalnog napora. Mjerenje maksimalnog VO<sub>2</sub> (maksimalni unos kisika) kao pokazatelja aerobne kapacitete.
- Snaga jezgre: Vježbe poput planka, podizanja nogu i rotacija trupa za procjenu snage i izdržljivosti mišića jezgre.
- Mišićna snaga i izdržljivost: Mjerenje maksimalnog opterećenja u osnovnim vježbama snage kao što su čučnjevi, mrtva dizanja i bench press.

#### 4. Simulacija izloženosti G silama

Ključni dio inicijalnog testiranja je simulacija izloženosti G silama u kontroliranom okruženju, najčešće u centrifugi:

- Subjektivni pokazatelji: Piloti će izvještavati o vizualnim efektima (sivi veo, crni veo, crvenilo), osjećaju težine, vrtoglavici i mučnini tijekom simulacije.
- Objektivni pokazatelji: Mjerenje krvnog tlaka, brzine otkucaja srca, zasićenosti kisikom i refleksa kako bi se kvantitativno procijenile fiziološke reakcije na G sile.

#### 5. Procjena mentalne spremnosti

- Mentalna spremnost je također ključna za pilote suočene s visokim fiziološkim opterećenjima:
- Kognitivni testovi: Testovi mentalne agilnosti, vremena reakcije i sposobnosti odlučivanja pod pritiskom.
- Psihološki upitnici: Upitnici za procjenu stresa, anksioznosti i mentalne spremnosti. Inicijalno testiranje pruža sveobuhvatnu procjenu trenutnog stanja pilota, omogućujući prilagodbu fitness programa kako bi se učinkovito smanjio učinak G sile. Ponovno testiranje nakon završetka programa omogućit će evaluaciju njegove učinkovitosti i prilagodbu budućih treninga.

## 4.2. Simulacija izloženosti G silama i mjerenje subjektivnih i objektivnih reakcija

Simulacija izloženosti G silama i mjerenje reakcija pilota ključni su dijelovi inicijalnog testiranja. Ova faza testiranja omogućuje procjenu kako piloti fiziološki i subjektivno reagiraju na G sile, što je važno za razumijevanje njihovih trenutnih sposobnosti i identificiranje područja koja zahtijevaju poboljšanje kroz fitness program.

### 1. Ciljevi simulacije

Procijeniti trenutnu fiziološku otpornost pilota na G sile.

Identificirati subjektivne simptome koje piloti doživljavaju pri različitim razinama G sile.

Prikupiti objektivne podatke o fiziološkim reakcijama na G sile.

### 2. Metodologija simulacije

Simulacija će se provesti u centrifugi koja može generirati kontrolirane i ponovljive G sile. Piloti će biti izloženi različitim razinama G sile tijekom nekoliko sesija.

Piloti će biti informirani o ciljevima i postupku testiranja. Priključit će im se senzori za mjerenje fizioloških parametara (EKG, pulsni oksimetar, mjerači krvnog tlaka). Osigurat će im se udobnost i sigurnost tijekom testiranja.

Izloženost G silama: Faze simulacije:

Niska G sila: 1-3 G tijekom 1 minute.

Srednja G sila: 4-6 G tijekom 1 minute.

Visoka G sila: 7-9 G tijekom 1 minute.

Postupno povećanje: G sile će se postupno povećavati, s pauzama između faza kako bi se piloti prilagodili i oporavili.

### 3. Mjerenje subjektivnih reakcija

Subjektivne reakcije pilota na izloženost G silama bilježit će se kroz samoizvještaje i intervju nakon svake sesije.

Vizualni simptomi: Piloti će prijavljivati pojavu sivog vela, crnog vela ili crvenila.

Osjećaj težine: Piloti će ocijeniti osjećaj težine u tijelu i ekstremitetima.

Vrtoglavica i mučnina: Piloti će prijavljivati intenzitet vrtoglavice i mučnine na skali od 1 do 10.

Opća nelagoda: Piloti će opisati bilo koje druge subjektivne simptome ili osjećaje.

Strukturalni intervju: Nakon svake faze, piloti će sudjelovati u kratkom intervjuu s istraživačem kako bi detaljnije opisali svoje subjektivne simptome i reakcije.

### 4. Mjerenje objektivnih reakcija

Objektivne reakcije pilota na izloženost G silama bilježit će se pomoću različitih medicinskih instrumenata.

Krvni tlak: Mjerenje krvnog tlaka prije, tijekom i nakon izloženosti svakoj razini G sile.

Brzina otkucaja srca: Kontinuirano praćenje brzine otkucaja srca tijekom cijele simulacije.

Zasićenost kisikom: Mjerenje zasićenosti kisikom pomoću pulsno oksimetra. Refleksi:

Testiranje refleksa prije i nakon svake faze simulacije.

Kognitivne funkcije: Procjena kognitivnih funkcija pomoću kratkih kognitivnih testova nakon svake faze simulacije (npr. testovi pamćenja ili brzine reakcije).

### 5. Analiza i interpretacija podataka

Korelacija subjektivnih i objektivnih pokazatelja: Analizirat će se korelacija između subjektivnih izvještaja pilota i objektivnih fizioloških mjerenja.

Identifikacija obrazaca: Identificirat će se obrasci reakcija na različite razine G sile, kako bi se utvrdila individualna tolerancija i otpornost pilota.

Procjena napretka: Rezultati će se koristiti kao osnovni podaci za usporedbu s rezultatima nakon završetka fitness programa, kako bi se procijenila učinkovitost programa u poboljšanju otpornosti na G sile.

Simulacija izloženosti G silama i mjerenje subjektivnih i objektivnih reakcija ključni su koraci u razumijevanju trenutnih sposobnosti pilota i njihovih potreba za poboljšanjem kroz fitness program. Prikupljeni podaci omogućit će prilagodbu programa i preciznu procjenu njegovih učinaka na otpornost pilota na G sile.

### 4.3. Opis programa

Fitness program će se provoditi tijekom 12 tjedana, s fokusom na povećanje otpornosti na G sile kroz individualne i grupne treninge. Svaka komponenta programa bit će pažljivo nadgledana od strane instruktora s iskustvom u vojnom fitnessu i fiziologiji.

Individualni Treninzi

Primjer Tjednog Rasporeda

Ponedjeljak: Kardiovaskularne vježbe

Vrijeme: 07:00 - 08:00

Lokacija: Vojna teretana, traka za trčanje

Opis: Trčanje na traci za trčanje s postupnim povećanjem intenziteta (intervalni treninzi visokog intenziteta - HIIT)

Napomena: Cilj je postići maksimalni unos kisika (VO2 max)

Utorak: Vježbe za jačanje jezgre

Vrijeme: 07:00 - 07:30

Lokacija: Vojna teretana, zona za tjelesne vježbe

Opis: Vježbe za jezgru uključujući plank, ruske obrtaje, i podizanje nogu

Napomena: Fokus na stabilnost i izdržljivost jezgre

Srijeda: Snaga i izdržljivost

Vrijeme: 07:00 - 07:30

Lokacija: Vojna teretana, zona s utezima

Opis: Trening s utezima uključujući čučnjeve, mrtva dizanja, i bench press

Napomena: Razvoj mišićne snage i izdržljivosti

Četvrtak: Kardiovaskularne vježbe

Vrijeme: 07:00 - 08:00

Lokacija: Vojna teretana, veslački strojevi

Opis: Veslanje na veslačkim strojevima s fokusom na izdržljivost

Napomena: Unapređenje kardiovaskularne izdržljivosti

Petak: Vježbe za jačanje jezgre

Vrijeme: 07:00 - 07:30

Lokacija: Vojna teretana, zona za tjelesne vježbe

Opis: Napredne vježbe za jezgru uključujući rolloutse i obrnuti plank

Napomena: Intenzivan rad na snazi jezgre

Subota: Specifične vježbe disanja i naprezanja

Vrijeme: 07:00 - 07:30

Lokacija: Vojna teretana, mirna zona

Opis: Tehnike disanja poput Valsalva manevra i kontroliranog disanja

Napomena: Učenje tehnika za održavanje krvnog tlaka tijekom izloženosti G silama

Nedjelja: Oporavak i fleksibilnost

Vrijeme: 09:00 - 09:30

Lokacija: Vojna teretana, yoga prostor

Opis: Yoga i dinamičko istezanje za poboljšanje fleksibilnosti i smanjenje napetosti mišića

Napomena: Fokus na oporavak i prevenciju ozljeda

Grupni Treninzi

Primjer Tjednog Rasporeda

Ponedjeljak i Srijeda: Grupne kardiovaskularne vježbe

Vrijeme: 18:00 - 19:00

Lokacija: Vojna teretana, trkačka staza

Opis: Intervalni treninzi visokog intenziteta (HIIT) u grupi

Napomena: Grupna dinamika za povećanje motivacije i natjecateljskog duha

Utorak i Četvrtak: Grupne vježbe snage

Vrijeme: 18:00 - 19:00

Lokacija: Vojna teretana, zona s utezima

Opis: Kružni trening s utezima, uključujući čučnjeve, mrtva dizanja, i bench press

Napomena: Poticajna okolina za maksimalni trud i podršku

Petak: Grupne vježbe disanja i naprezanja

Vrijeme: 18:00 - 18:30

Lokacija: Vojna teretana, mirna zona

Opis: Vježbe disanja i tehnike naprezanja u grupi

Napomena: Grupna praksa za poboljšanje tehnika i zajedničko učenje

Subota: Grupni oporavak i fleksibilnost

Vrijeme: 10:00 - 10:30

Lokacija: Vojna teretana, yoga prostor

Opis: Grupne yoga sesije i dinamičko istezanje

Napomena: Fokus na zajednički oporavak i poboljšanje fleksibilnosti Supervizija

Instruktor

Instruktori će igrati ključnu ulogu u provedbi programa:

- Praćenje napretka: Redovito mjerenje performansi i prilagodba vježbi prema potrebi.
- Osobna podrška: Individualne konzultacije za prilagodbu programa prema osobnim potrebama i ciljevima pilota.
- Motivacija i savjetovanje: Pružanje motivacijske podrške, edukacija o tehnikama treninga i prevenciji ozljeda.

Instruktori će također održavati redovite sastanke kako bi razmijenili informacije o napretku pilota, prilagodili program prema potrebi i osigurali da svaki pilot dobiva optimalnu podršku tijekom programa.

#### 4.4. Specifične vježbe usmjerene na povećanje otpornosti na G sile

Otpornost na G sile ključna je za vojnu avijaciju, jer piloti često moraju izdržati ekstremne uvjete tijekom letova. Specifične vježbe usmjerene na povećanje otpornosti na G sile fokusiraju se na jačanje mišića jezgre, kardiovaskularnu izdržljivost, poboljšanje tehnika disanja i razvijanje specifične snage mišića. Ove vježbe pomažu pilotima da bolje podnesu povećane sile gravitacije i minimiziraju rizik od gubitka svijesti (G-LOC).

##### 1. Vježbe za jačanje jezgre

###### Plank

Opis: Potrebno je leći licem prema dolje na podlogu. Podignuti tijelo oslanjajući se na podlaktice i prste, tijelo držati ravno od glave do pete.

Trajanje: Držati položaj 60 sekundi, ponovite 3 puta.

Cilj: Jačanje mišića jezgre, posebno trbušnih mišića i mišića donjeg dijela leđa.



Slika 2. Prikaz planka ( dostupno na: <https://lifestyle.livemint.com/health/fitness/how-to-get-the-most-out-of-the-plank-111624520534323.html> )

### Russian Twists (ruski obrtaji)

Opis: Potrebno je sjesti na pod, koljena savijena, stopala podignuta s tla. Držati uteg ili medicinsku loptu s obje ruke. Rotirati trup s jedne strane na drugu, dodirujući pod uz svaku rotaciju.

Ponavljanja: 20 rotacija (10 sa svake strane), 3 serije.

Cilj: Jačanje bočnih trbušnih mišića i poboljšanje rotacione stabilnosti.



Slika 3. Prikaz russian twista ( dostupno na: <https://www.popsugar.com/fitness/how-do-russiantwist-43932884> )

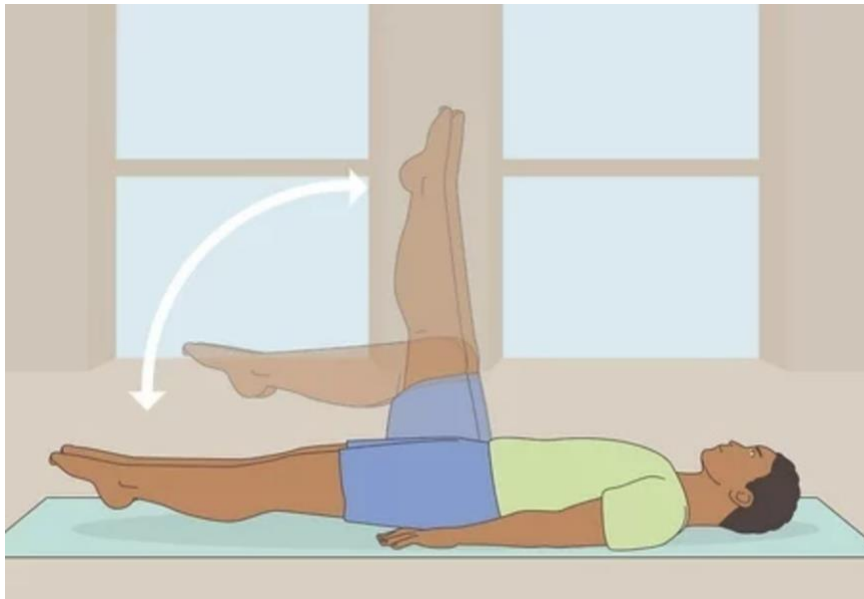


### Leg Raises (podizanje nogu)

Opis: Potrebno je leći na leđa, ruke uz tijelo. Podignuti noge ravno prema gore, zatim ih polako spustiti natrag prema tlu bez dodirivanja.

Ponavljjanja: 15 ponavljanja, 3 serije.

Cilj: Jačanje donjih trbušnih mišića i fleksora kukova.



Slika 4. Prikaz leg raises ( dostupno na: <https://www.wikihow.com/Do-Leg-Lifts>)

## 2. Kardiovaskularne vježbe

### Intervalni treninzi visokog intenziteta (HIIT)

Opis: Na traci za trčanje ili biciklu, naizmjenično trčanje ili pedaliranje maksimalnim intenzitetom 30 sekundi, zatim se oporavlja 1 minutu laganim tempom.

Trajanje: 20 minuta.

Cilj: Povećanje aerobne i anaerobne izdržljivosti, poboljšanje kapaciteta srca i pluća.

### Veslanje na veslačkom stroju

Opis: Intenzivno veslanje tijekom 500 metara, zatim lagano veslanje 1 minutu za oporavak.

Ponavljanja: 5 setova.

Cilj: Jačanje cijelog tijela s fokusom na mišiće leđa, ramena i nogu, poboljšanje kardiovaskularne izdržljivosti.

## 3. Vježbe disanja i naprezanja Valsalva manevar

Opis: Udah duboko i zatvoreni nos i usta, zatim pokušati izdisati kako bi se povećao pritisak u prsima i trbuhu.

Trajanje: Zadržati pritisak 10 sekundi, ponoviti 5 puta.

Cilj: Poboljšanje sposobnosti održavanja krvnog tlaka tijekom izloženosti visokim G silama.

### Kontrolirano disanje

Opis: Udahnuti polako i duboko kroz nos, zatim izdahnuti polako kroz usta s fokusom na kontrolu ritma disanja.

Trajanje: 5 minuta dnevno.

Cilj: Poboljšanje kapaciteta pluća i smanjenje stresa.

## 4. Vježbe za specifičnu snagu mišića

### Squats (čučnjevi)

Opis: Potrebno je stati s nogama u širini ramena, spustiti se u čučanj držeći leđa ravnima, zatim se vratiti u početni položaj.

Ponavljanja: 15 ponavljanja, 3 serije.

Cilj: Jačanje mišića nogu, kukova i jezgre.

Deadlifts (mrtva dizanja)

Opis: Potrebno je stati s nogama u širini ramena, savinuti koljena i nagnuti se naprijed držeći leđa ravnima kako bi se podigao uteg s tla, zatim se vratiti u uspravan položaj. Ponavljanja: 10 ponavljanja, 3 serije.

Cilj: Jačanje donjeg dijela leđa, gluteusa i nogu.

Bench Press

Opis: Leći na klupu s utegom iznad prsa, spuštati uteg prema prsima, zatim ga podignuti natrag prema gore.

Ponavljanja: 12 ponavljanja, 3 serije.

Cilj: Jačanje mišića prsa, ramena i tricepsa.

Kombinacija ovih specifičnih vježbi pomaže pilotima da razviju fizičku otpornost na G sile. Redovitim izvođenjem ovih vježbi pod nadzorom instruktora, piloti će povećati svoju sposobnost izdržavanja visokih G sila, smanjujući rizik od negativnih fizioloških učinaka tijekom letenja.

## 5. ZAKLJUČAK

Fitness tretmani imaju značajan utjecaj na smanjenje negativnih učinaka g sile kod vojnih pilota. Vojni piloti su izloženi ekstremnim uvjetima tijekom svojih misija, uključujući visoke razine gravitacijske sile (g sile) koje mogu izazvati ozbiljne fiziološke i psihološke posljedice. G sila, koja se javlja tijekom ubrzanja i promjena smjera leta, može dovesti do simptoma kao što su vrtoglavica, gubitak svijesti (G-LOC), te oštećenja organa i mišićno-koštanog sustava. Stoga, učinkoviti fitness tretmani su ključni za održavanje sposobnosti i sigurnosti pilota.

Jedan od glavnih aspekata fitness tretmana je jačanje kardiovaskularnog sustava. Redovita aerobna vježba, poput trčanja, biciklizma ili plivanja, poboljšava kapacitet srca i pluća, što omogućava bolju opskrbu tijela kisikom. Bolje kardiovaskularno zdravlje omogućava pilotima da bolje podnose dugotrajne napore i ubrzanja, smanjujući rizik od gubitka svijesti uzrokovanog g silom. Također, povećana aerobna kondicija poboljšava cirkulaciju krvi, što je ključno za održavanje svijesti i funkcije mozga pod visokim g silama.

Jačanje mišićnog sustava je još jedan kritičan aspekt fitness tretmana. Specifične vježbe za jačanje mišića vrata i trupa pomažu u stabilizaciji tijela tijekom visokih g sila. Jaki mišići vrata mogu smanjiti opterećenje na kralježnicu i spriječiti ozljede. Također, treniranje mišića trupa i donjeg dijela tijela poboljšava ukupnu tjelesnu stabilnost i omogućava pilotima da bolje podnose stres koji se javlja tijekom manevriranja zrakoplovom.

Fleksibilnost i mobilnost također igraju važnu ulogu u smanjenju učinaka g sile. Redovito istezanje i vježbe za povećanje fleksibilnosti mogu pomoći u sprječavanju ozljeda i poboljšanju općeg fizičkog stanja. Poboljšana fleksibilnost omogućava tijelu da se bolje prilagodi promjenama u položaju i ubrzanju, smanjujući rizik od ozljeda.

Uz fizičku pripremu, mentalna priprema je također ključna. Piloti koji su mentalno pripremljeni za suočavanje s ekstremnim uvjetima bolje podnose stres i mogu brže i učinkovitije reagirati na izazove. Tehnike mentalne pripreme uključuju meditaciju, vizualizaciju i trening koncentracije, što pomaže pilotima da održavaju fokus i mirnoću tijekom leta.

Dijeta i hidratacija su također važni faktori u fitness tretmanima za vojne pilote. Uravnotežena prehrana bogata nutrijentima podržava cjelokupno zdravlje i fizičku spremnost, dok adekvatna hidratacija osigurava optimalnu funkciju tijela. Nedostatak tekućine može smanjiti cirkulaciju krvi i pogoršati simptome uzrokovane visokim g silama.

Uvođenje redovitih fitness programa specifično dizajniranih za potrebe vojnih pilota može značajno poboljšati njihovu sposobnost da se nose s g silama. Programi bi trebali uključivati kombinaciju aerobnih vježbi, treninga snage, fleksibilnosti, mentalne pripreme i nutricionističke podrške. Integrirani pristup koji uzima u obzir sve ove aspekte može pružiti optimalne rezultate.

Zaključno, utjecaj fitness tretmana na smanjenje učinka g sile kod vojnih pilota je neosporan. Pravilno osmišljeni fitness programi mogu poboljšati kardiovaskularno zdravlje, ojačati mišiće, povećati fleksibilnost, te pružiti mentalnu i nutricionističku podršku. Sve ove komponente zajedno doprinose boljoj pripremljenosti pilota za suočavanje s ekstremnim uvjetima, povećavajući njihovu sigurnost i učinkovitost. Redovita i sustavna fizička priprema stoga je ključna za održavanje zdravlja i operativne sposobnosti vojnih pilota, omogućavajući im da uspješno izvršavaju svoje misije i suočavaju se s izazovima koje donosi njihova profesija.

## LITERATURA

1. Abrams M., (2013). Environmental Grain, Organism Fitness, and Type Fitness. *Journal History, Philosophy and Theory of the Life Sciences*, 127-151
2. Andersen K., Baardsen R., Dalen I., Larsen J., (2017). Impact of exercise programs among helicopter pilots with transient LBP, preuzeto 30.05.2024 s <https://link.springer.com/article/10.1186/s12891-017-1631-0>
3. Annesi J., (2010). Effects of a cognitive behavioral treatment package on exercise attendance and drop out in fitness centers. *Journal of Sports Science*, 3 (2), 1-16
4. Astrand P., (1992). Physical activity and fitness. *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol.55, 1231-1236
5. Björn A., Monnier A., (2009). Neck/Shoulder Exercise for Neck Pain in Air Force Helicopter Pilots A Randomized Controlled Trial, preuzeto 05.06.2024 s [https://journals.lww.com/spinejournal/abstract/2009/07150/neck\\_shoulder\\_exercise\\_for\\_neck\\_pain\\_in\\_air\\_force.21.aspx](https://journals.lww.com/spinejournal/abstract/2009/07150/neck_shoulder_exercise_for_neck_pain_in_air_force.21.aspx)
6. Britt L., Palle T., (2013). Effect of Targeted Strength, Endurance, and Coordination Exercise on Neck and Shoulder Pain Among Fighter Pilots A Randomized-controlled Trial, preuzeto 06.06.2024 s [https://journals.lww.com/clinicalpain/abstract/2013/01000/effect\\_of\\_targeted\\_strength\\_endurance\\_and.9.aspx](https://journals.lww.com/clinicalpain/abstract/2013/01000/effect_of_targeted_strength_endurance_and.9.aspx)
7. Campbell N., Jesus S., Prapavessis H., (2020). Physical Fitness. *Encyclopedia of Behavioral Medicine*, 1682-1684
8. Corbin C., Corbin W., Welk G., Welk K., (2008). Concepts of physical fitness. *Active lifestyles for wellness*, McGraw Hill, New York
9. Cowings P., Kellar M., Foen R., Toscano W., Burge J., (2009). Autogenic Feedback Training Exercise and Pilot Performance: Enhanced Functioning Under Search-and-Rescue Flying Conditions. *The International Journal of Aviation Psychology*, Vol. 11, 303-315

10. Dodson S., (2016). The gravitational force of federal law, preuzeto 28.05.2024 s [https://scholarship.law.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=9515&context=penn\\_law\\_review#:~:text=It%20is%20as%20if%20federal%20law%20exerts%20a%20kind%20of,following%20of%20federal%20law%20mandatory.](https://scholarship.law.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=9515&context=penn_law_review#:~:text=It%20is%20as%20if%20federal%20law%20exerts%20a%20kind%20of,following%20of%20federal%20law%20mandatory.)
11. Hajiyousefi H., Asadi H., Jafari A., (2015). The Analysis of Occupational Stressors among Pilots; Exercise, as a Strategy to Increase Flight Safety. *International Journal of Sport Studies*. Vol., 5 (12), 1263-1274
12. Heng W., Wei F., Liu Z., Yan X., (2022). Physical exercise improved muscle strength and pain on neck and shoulder in military pilots, preuzeto 04.06.2024 s <https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2022.973304/full>
13. Horak D., Renze K., (2013). Iterative Scheme for Estimating Airplane Trajectory and GForces Using Video Analysis and Simulation Models, preuzeto 02.06.2024 s <https://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/6.2013-5035>
14. Hubbard A., (2003). Improving the Fitness Inquiry of the North Carolina Bar Application, preuzeto 02.06.2024 s <https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/nclr81&div=61&id=&page=>
15. Mendes F., Gomes S., Brasileiro J., (2018). Core stabilisation exercises reduce chronic low back pain in Air Force fighter pilots: a randomised controlled trial, preuzeto 29.05.2024 s <https://militaryhealth.bmj.com/content/170/1/31.abstract>
16. Murray M., Lange B., (2015). Specific exercise training for reducing neck and shoulder pain among military helicopter pilots and crew members: a randomized controlled trial protocol. *Journal Musculoskeletal Disorders*, Vol. 16, 16-198
17. NASA, (2011). What is gravity? Preuzeto 30.05.2024 s <https://spaceplace.nasa.gov/whatis-gravity/en/>
18. Parks A., Murrah W., Weimar W., Mchenry P., Bigham D., Giordano K., Sefton J., (2022). Impact of Two Types of Fitness Programs on Soldier Physical Fitness, preuzeto 01.06.2024 s <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9762245/>
19. Pereira C., Baptista F., Ferreira A., (2016). Role of physical activity, physical fitness, and chronic health conditions on the physical independence of community-dwelling older adults over a 5-year period. *Journal of Gerontology and Geriatrics*, 65 (2), 45-53

20. Plante T., Rodin J., (1990). Physical fitness and enhanced psychological health. Springer Nature Journal, vol. 9, 3-24
21. Roy T., Springer B., Butler N., (2010). Physical Fitness. Military Medicine Journal, vol. 175, 14-20
22. Sanghera P., (2007). Gravitational Force, preuzeto 01.06.2024 s <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/gravitational-force>
23. Shepherd R., (2012). Physical Activity, Fitness, and Health: The Current Consensus, preuzeto 03.06.2024 s <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00336297.1995.10484158>
24. Soga K., (2013). Resistance of plants to gravitational force. Journal of plant research, Vol. 126, 589-596
25. Yong S., Min L., (2003). Acceleration Effects on Neck Muscle Strength: Pilots vs. Non-Pilots, preuzeto 03.06.2024 s <https://www.ingentaconnect.com/content/asma/asem/2003/00000074/00000002/art00009>



## **POPIS SLIKA**

Slika 1. Prikaz simulacije uvjeta mikrogravitacije

Slika 2. Prikaz planka

Slika 3. Prikaz russian twista Slika

4. Prikaz leg raises