



# Biomedicinsko inženjerstvo: Primena istraživanja u kosmičkoj medicini

Dr Nadica Miljković, vanredni profesor  
Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet



# Ja sam

- Vanredni profesor na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu ETF
- Gostujući istraživač na Univerzitetu u Ljubljani
- Gostujući predavač na Vojnoj akademiji u Beogradu
- ~14 godina iskustva u Akademiji i >6 godina iskustva u industriji
- Na ETF-u predajem predmete iz oblasti biomedicinskog inženjerstva, a predajem i električna merenja sa primenom u računarskoj tehnici
- Moja istraživanja su fokusirana, između ostalog, na metode merenja i analize biosignalova na zdravim ispitanicima i pacijentima

# Kratak sadržaj predavanja

- Motivacija
  - Kolaž istraživanja u biomedicinskom inženjerstvu sa primenama
  - Rezon i pravci istraživanja
- 
- Autorka predavanja se nikada nije bavila kosmičkom medicinom, a svemirska istraživanja koja su predstavljena su rezultat pregleda literature
  - Rezultati i studije koje su predstavljene u prezentaciji, a koji se ne odnose na kosmička istraživanja, nastali su tokom ~14 godina razvojno-istraživačkog rada autorke
  - Ovo predavanje nije sveobuhvatno i sadrži samo odabrana istraživanja koje je autorka sprovela

# Napomena

Ovo predavanje predstavlja skraćeno i modifikovano predavanje pod nazivom "Biomedicinsko inženjerstvo: Primena istraživanja u medicini, psihologiji, automobilskoj industriji i kosmičkoj medicini" koje je autorka održala 27.10.2021. u Laboratoriji za fiziku 010 Institut za nuklearne nauke Vinča Univerziteta u Beogradu.

The screenshot shows a Zenodo page for a presentation. The top navigation bar includes 'zenodo' logo, search bar, upload, communities, log in, and sign up buttons. The main content area shows the date 'October 26, 2021', the title 'Biomedicinsko inženjerstvo: Primena istraživanja u medicini, psihologiji, automobilskoj industriji i kosmičkoj medicini', and the author 'Miljković, Nadica'. Below the title is a description of the presentation's purpose and scope. A summary section titled 'Rezime na srpskom jeziku' provides a brief overview of the content. To the right, there are statistics: 92 views and 74 downloads, with a 'See more details...' link. A 'Indexed in OpenAIRE' box is present. A 'Publication date' box shows 'October 26, 2021'. A 'DOI' box contains 'DOI 10.5281/zenodo.5599796'. A 'Keyword(s)' box lists terms like 'biosignali', 'biomedicinski signali', 'EKG', 'EMG', 'EGG', 'električna stimulacija', 'psychology', and 'automotive'.

Miljković, Nadica. (2021, October 26). Biomedicinsko inženjerstvo: Primena istraživanja u medicini, psihologiji, automobilskoj industriji i kosmičkoj medicini. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5599795>

# MOTIVACIJA ZA PREDAVANJE

# Put van planete Zemlje



# Boravak u svemiru

- Svemir nije prijatno mesto za ljudsko telo.
- Nema kiseonika, temperature su izuzetno niske ili izuzetno visoke, veliki je nivo zračenja, nema gravitacije ...
- Moguće posledice po ljudsko telo su:
  - Izloženost radijaciji,
  - Atrofija mišića,
  - Gubitak koštane mase,
  - Mučnine,
  - Odloženo zarastanje rana,
  - Psihološki problemi,
  - ...
- Posebno je problematičan dugotrajni boravak.
  - Pod kraćim boravkom se obično smatra boravak manji od tri nedelje.
- Više u
  - Diane Byerly, Human Space Travel presentation, NASA Johnson space center, Lunar and Planetary Institute  
[https://www.lpi.usra.edu/education/explore/space\\_health/presentations/byerly.ppt](https://www.lpi.usra.edu/education/explore/space_health/presentations/byerly.ppt), pristupljeno 24.11.2022.

# Najduži boravak u svemiru

## Timeline of longest spaceflights

From Wikipedia, the free encyclopedia

**Timeline of longest spaceflights** is a chronology of the longest spaceflights. Many of the first flights set records measured in hours and days, the space station missions of months, and by the 1990s the record was pushed to over a year and has remained there into the 21st century.

A modern long-duration mission was the ISS year long mission (2015–2016) aboard the International Space Station. The most significant issue in such missions is the effects of zero-g and elevated radiation.

### Record setting single-mission human stays [\[ edit \]](#)

Duration (days)	Astronaut/Cosmonaut(s)	Mission(s)	Mission start	Flight up	Space Station	Flight down	Record achieved	Mission end	Record held (days)
437.75	<a href="#">Valery Poliyakov</a>	Mir EO-15	January 8, 1994	Soyuz TM-18	Mir	Soyuz TM-20	January 9, 1995	March 22, 1995	10,179
365.94	<b>Valeri Vladimirovich Polyakov</b> was a Soviet and Russian cosmonaut. He is the record holder for the longest single stay in space, staying aboard the Mir space station for more than 14 months during one trip. His combined space experience was more than 22 months.				Mir	Soyuz TM-6	November 11, 1988	December 21, 1988	2,250
326.48					Mir	Soyuz TM-3	September 30, 1987	December 29, 1987	408
236.95					Salyut 7	Soyuz T-11	September 6, 1984	October 2, 1984	1,119
211.38					Salyut 7	Soyuz T-7	November 14, 1982	December 10, 1982	662
184.84	Leonid Popov Valery Ryumin	Salyut 6 EO-4	April 9, 1980	Soyuz 35	Salyut 6	Soyuz 37	October 1, 1980	October 11, 1980	774

[https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline\\_of\\_longest\\_spaceflights](https://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_longest_spaceflights)

# Kosmička medicina i istraživanja

- Kosmička medicina je grana preventivne medicine i medicine rada, a razvila se iz vazduhoplovne medicine, [https://sr.wikipedia.org/wiki/Kosmička\\_medicina](https://sr.wikipedia.org/wiki/Kosmička_medicina).
- Zadaci kosmičke medicine:
  - Prevencija, dijagnoza i tretman,
  - Rehabilitacija nakon povratka na Zemlju i
  - Lečenje akutnih i hroničnih stanja.
- Pored niza poznatih i nepoznatih rizika po ljudsko zdravlje, postoji i problem autonomije
  - za Mesec je potrebno 2-3 dana za pristup objektima na Zemlji
  - u slučaju Marsa absolutna autonomija je potrebna, jer polazak i povratak traju oko 150 dana
- Postoje i logistički problemi:
  - Posada nije mnogobrojna, ako se neko razboli to je bar dve osobe (eng. *care giver*) koje ne mogu da obavljaju misiju.
  - Telemedicina ima veoma važnu ulogu.
- Više u
  - Diane Byerly, Human Space Travel presentation, NASA Johnson space center Lunar and Planetary Institute  
[https://www.lpi.usra.edu/education/explore/space\\_health/presentations/byerly.ppt](https://www.lpi.usra.edu/education/explore/space_health/presentations/byerly.ppt),  
pristupljeno 24.11.2022.



Expedition 57 crew members Alexander Gerst of ESA, Sergey Prokopyev of Roscosmos, and Serena Auñón-Chancellor of NASA sit in chairs outside the Soyuz MS-09 spacecraft after landing in a remote area near the town of Zhezkazgan, Kazakhstan.

Credits: NASA, [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/research/news/SSSH\\_17dec18](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/SSSH_17dec18)

# Biomedicinsko inženjerstvo u kosmosu

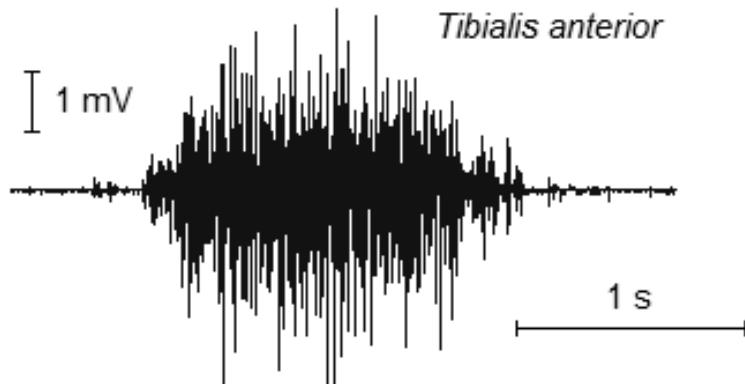


- Elektrofiziološka ispitivanja uključuju merenje električnih potencijala primenom površinskih elektroda.
- Električna stimulacija, između ostalog, predstavlja prenos električnih impulsa ka ljudskom telu korišćenjem površinskih elektroda.
- I jedna i druga oblast imaju primenu u kosmičkoj medicini.

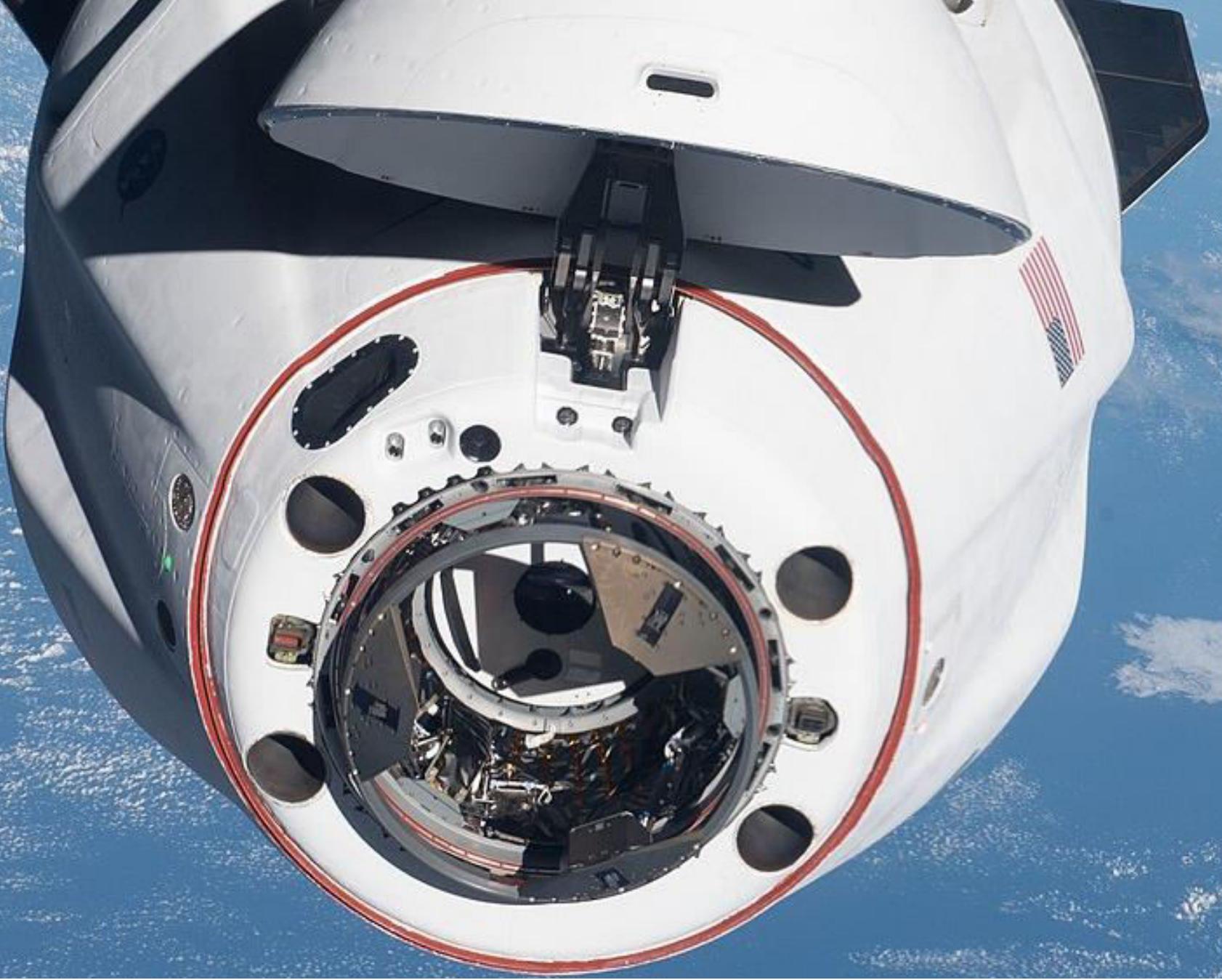
Modifikovana fotografija od By Wisser68 - Own work, CC BY-SA 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=30217768>

# ODABRANA ISTRAŽIVANJA - EMG

# Elektromiografija EMG



- Predstavlja metodu merenja električnih potencijala mišića.
- U slučaju površinskog EMG signala meri se postavljanjem površinskih Ag/AgCl elektroda na kožu iznad mišića od interesa.
- Postoji i invazivno merenje EMG signala, ne spominje se ovde.
- Mogu se meriti i evocirani potencijali (izazvani spoljnom električnom pobudom), takođe se ne spominju.
- Na slici je prikazan EMG signal kao rezultat voljne mišićne kontrakcije.



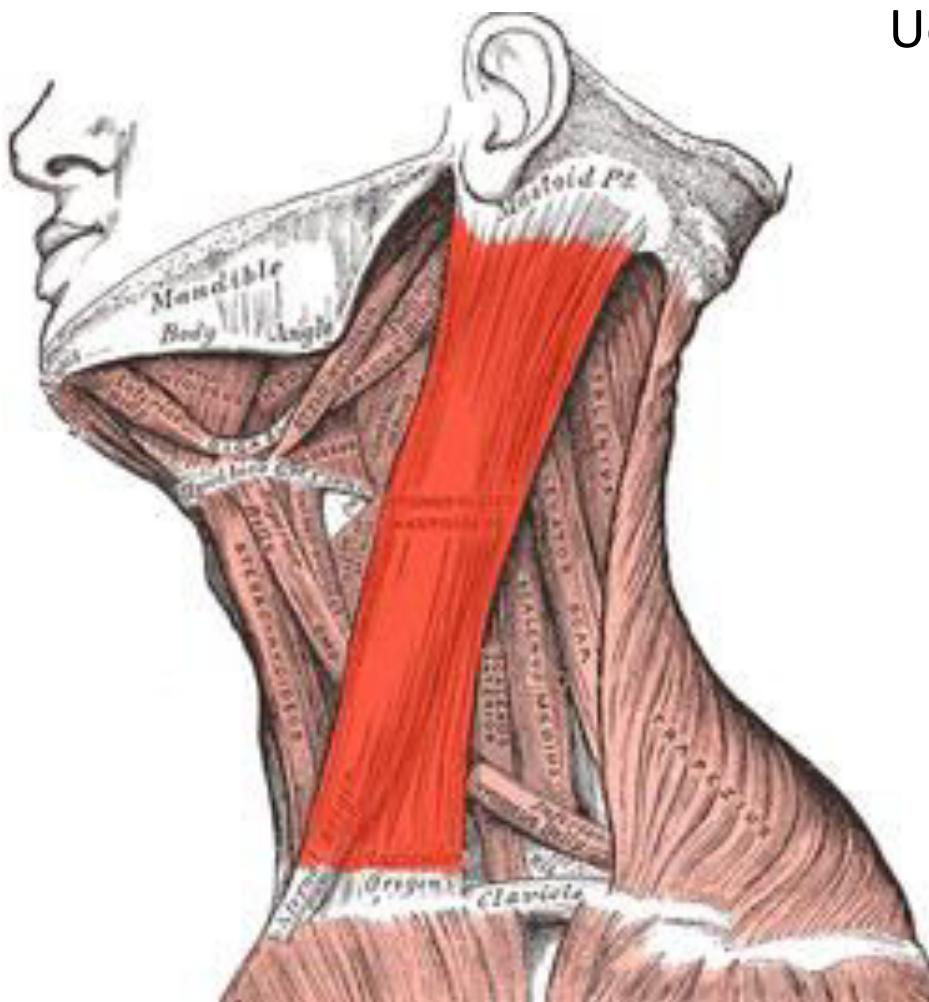
Modifikovana slika: By NASA/Michael Hopkins - <https://www.flickr.com/photos/nasa2explore/51141157200/in/photostream/>, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=109964281>

# EMG u kosmosu

- Korišćen za ocenu nervno-mišićnog sistema.
- Posebno su vršena istraživanja koja se odnose na održavanje ravnoteže.
- Primera radi, ispitivana je aktivnost levog i desnog mišića vrata na kosmonautima (lat. *sternocleidomastoid m.*) radi procene simetrije u aktivaciji mišića za koju je zaključeno da je povezana sa održavanjem ravnoteže.
  - Sforza, Chiarella, et al. "[Occlusion, sternocleidomastoid muscle activity, and body sway: a pilot study in male astronauts.](#)" *CRANIO®* 24.1 (2006): 43-49.
- Novija istraživanja pokazuju da se može koristiti i za čovek – robot interfejs, a posebno je ispitivan uticaj fiksacije stopala prilikom manipulacije na način kako je to realizovano u ISS (eng. *International Space Station*). Istraživanje je realizovano u paraboličnom letu avionom.
  - Hagengruber, Annette, et al. "[Electromyography for Teleoperated Tasks in Weightlessness.](#)" *IEEE Transactions on Human-Machine Systems* 51.2 (2021): 130-140.

# Mišić vrata

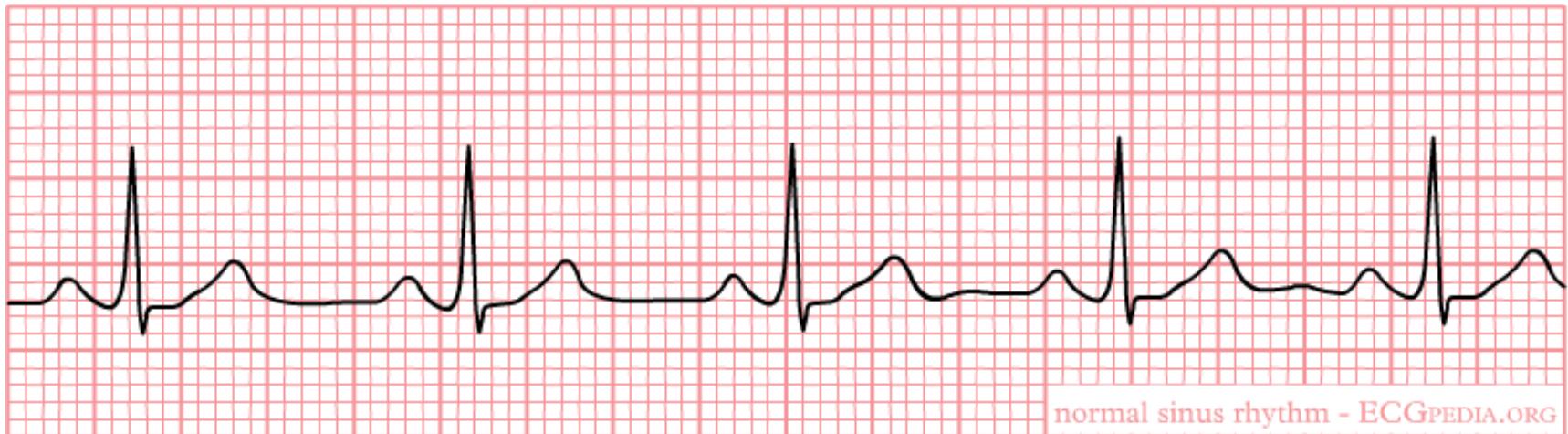
Uočljiv je tokom rotacije glave.



Slika: By Image:Gray385.png modified by Uwe Gille - Image:Gray385.png, Public Domain,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2492590>

# ODABRANA ISTRAŽIVANJA - EKG

# Elektrokardiografija EKG



Skica EKG signala: <https://en.ecgpedia.org/index.php?title=File:De-Nsr.png>, pristupljeno 21.10.2021. Licenca: [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike](#).

- Elektrokardiografija (EKG) predstavlja neinvazivnu kliničku metodu za praćenje električne aktivnosti srca.
- Koristi se u kardiovaskularnoj dijagnostici.
- Standardizovana metoda.
- Elektrokardiograf je uređaj kojim se meri, a Elektrokardiogram je signal koji se dobija. EKG je zajednička skraćenica za uređaj, signal i metodu.
- Na EKG signalu se razlikuju karakteristični talasi.

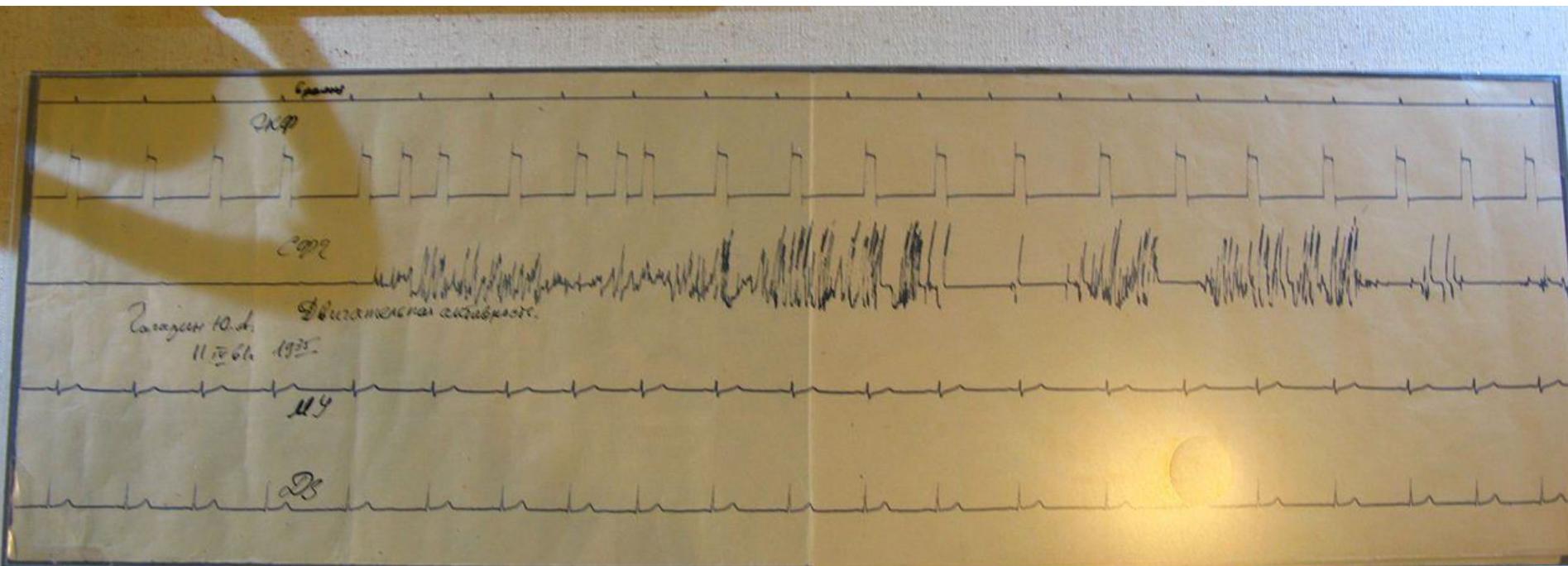


Modifikovana slika: Photo by [Ben White](#) on [Unsplash](#)

# Primeri primene EKG signala

- Najčešće se koriste upitnici za procenu emocionalnih stanja u psihologiji.
- EKG i drugi signali se mogu koristiti kao kvantitativna mera.
- EKG se nekada koristi sa drugim biosignalima kao na primer u kombinaciji sa EDA (eng. *Electrodermal Activity*) i ICG (eng. *Impedance Cardiography*) za kvantitativnu ocenu emocija.
  - Bjegojević, Bojana, et al. "[IN PURSUIT OF OBJECTIVITY: Physiological Measures as a Means of Emotion Induction Procedure Validation.](#)" *EMPIRICAL STUDIES IN PSYCHOLOGY* (2020): 17.
- Ili za ispitivanje individualnih razlika:
  - Boljanić, Tanja, et al. "Relationship between electrocardiogram-based features and personality traits: Machine learning approach." *Annals of Noninvasive Electocardiology* 27.1 (2022): e12919. <https://doi.org/10.1111/anec.12919>
- Ima i druge primene, kao na primer u biometriji (tačnost ~96% kada se koriste EKG i IKG – impedansna kardiografija).
  - Antić, Milan, et al. "[CardioPRINT: Individual features hidden in electrocardiogram and impedance-cardiogram.](#)" *EMPIRICAL STUDIES IN PSYCHOLOGY* (2020): 13.
- Generalno, ako volite analizu signala i biomedicinsko inženjerstvo:
  - Plodno tlo za primenu metoda za eliminaciju šuma, izdvajanje obeležja i mašinskog učenja! Možda i dubokog učenja ...

# EKG – primena za zdravlje kosmonauta



Электрокардиограмма сердца Ю.А. Гагарина, записанная 11 апреля 1961 г. в 19 ч. 35 мин.

Автор: Petar Milošević - Сопствено дело, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8364870>

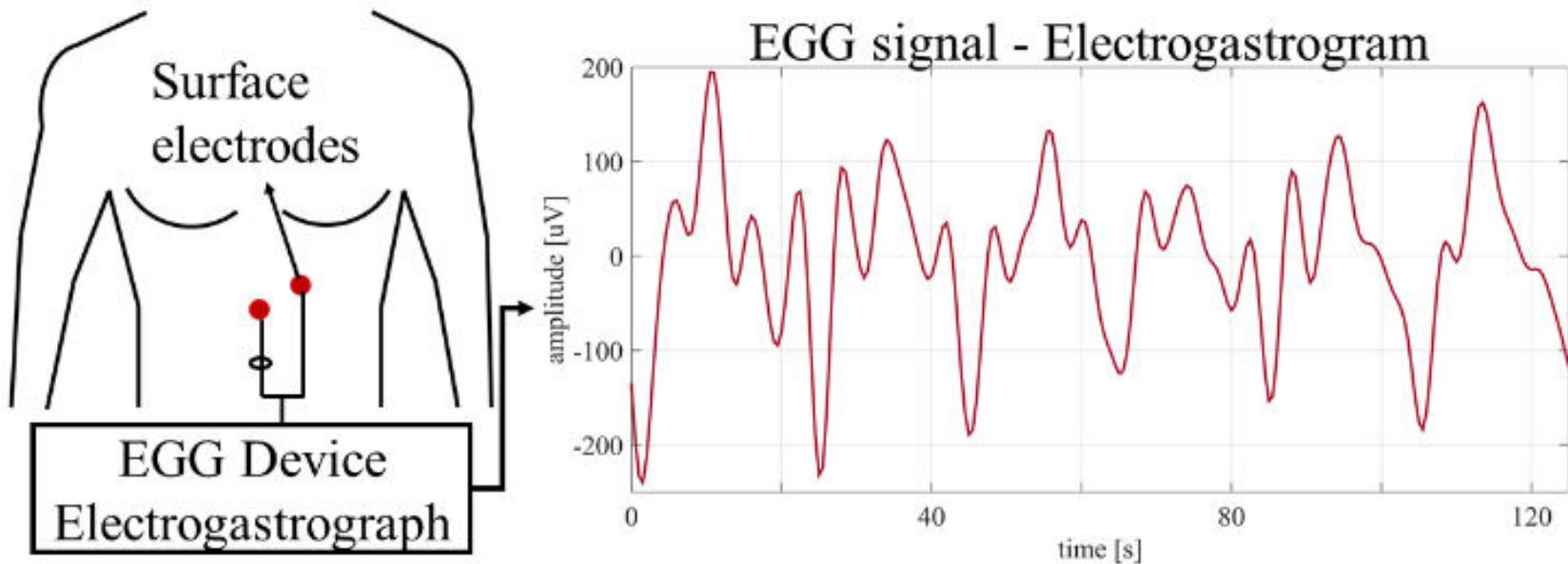
- EKG snimljen dan pred polazak u svemir!
- EKG Jurija Gagarina iz 1961. godine.

# Danas?

- Odabrano istraživanje
  - Otsuka, Kuniaki, et al. "[Astronauts well-being and possibly anti-aging improved during long-duration spaceflight.](#)" *Scientific reports* 11.1 (2021): 1-12.
- Ukratko:
  - Meren je ambulatorni EKG u trajanju od 48 sati na 10 astronauta u tri sesije tokom boravka u svemiru i nakon povratka na Zemlju.
  - Cilj je bio da se utvrdi uticaj boravka u svemiru na kvalitet spavanja i na starenje tj. usporeno starenje.
  - Proučavan je prosečan boravak od  $155.7 \pm 26.0$  dana.
  - Analizirani su parametri koji odgovaraju, pretežno, promenama u srčanom ritmu.
  - Nisu svi efekti boravka u svemiru negativni!
  - Otkriveni su *anti-aging* efekti.
    - U kojoj meri su pozitivni efekti prisutni u odnosu na negativne, buduća istraživanja će pokazati.

# ODABRANA ISTRAŽIVANJA - EGG

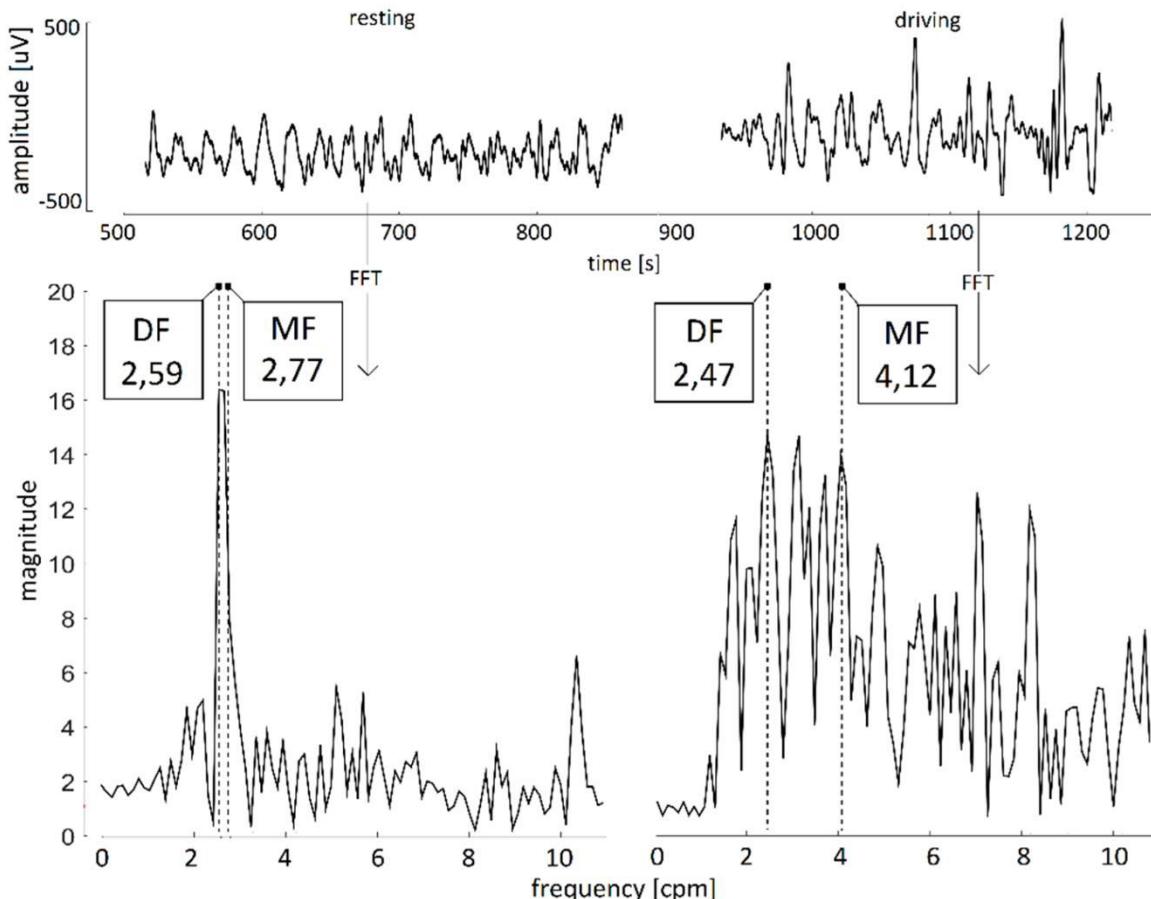
# Elektrogastrografija EGG



Slika: Nenad B. Popović, doktorska disertacija “[Methods for assessment of electrical activity of smooth muscles](#)”, Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet, 2021, (Mentor: vanr. prof. Nadica Miljković). Licenca [CC BY](#).

- Elektrogastrografija predstavlja metodu merenja električne aktivnosti glatkih mišića želuca primenom površinskih Ag/AgCl elektroda.
- Ukazuje na ritmičnost EGG aktivnosti.
- Za razliku od EMG-a i EKG-a nije standardizovana.

# EGG za ocenu mučnine u simulatoru



- Posebno je značajna upotreba u simulatorima vožnje.
- I u autonomnim vozilima.
- Preliminarni rezultati ukazuju na korelaciju sa kvalitativnim merama (upitnici za ocenu mučnine).
- Pre osećaja mučnine dolazi do poremećaja u ritmičnom radu želuca koji se uočava i u vremenskom i u frekvencijskom domenu.

Slika je preuzeta iz: Popović, Nenad B., et al. "[Lessons learned: gastric motility assessment during driving simulation.](#)" *Sensors* 19.14 (2019): 3175. Licenca: Creative Commons Attribution ([CC BY](#)).

# Mučnina u svemiru



- Mučnina se može javiti kod kosmonauta
- Zbog bestežinskog stanja, obično se mučnina u svemiru smatra posebnom vrstom mučnine u odnosu na mučninu na brodu, u automobilu, vozu, ...

Slika: By NASA's Marshall Space Flight Center and Science@NASA (U.S. Federal Government) - [http://science.nasa.gov/headlines/y2001/ast07aug\\_1.htm](http://science.nasa.gov/headlines/y2001/ast07aug_1.htm), Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6883973>

# Jedna zanimljivost ...

Možda ste i znali? Životinje mogu da osete mučninu.

Photo by [Josh Rakower](#) on [Unsplash](#)



# Uzroci mučnine

- Nisu u potpunosti otkriveni.
- Postoje tri teorije:
  - Teorija o senzornom konfliktu (široko rasprostranjena)
  - Teorija posturalne nestabilnosti (može se reći da je slična teoriji o senzornom konfliktu, jer se sistem ravnoteže opire konfliktnoj informaciji zajedno sa želucem)
  - Evolutivna teorija o trovanju (najzanimljivija!)
- Više u
  - Jr. J. J. LaViola, “A discussion of cybersickness in virtual environments,” *ACM SIGCHI Bulletin*, vol. 32, pp. 47-56, 2000, DOI: [10.1145/333329.333344](https://doi.org/10.1145/333329.333344).



# EGG – primena za zdravlje kosmonauta

- EGG merenja su pomogla da se bolje upozna fenomen mučnine (eng. *motion sickness*) izazvan boravkom u svemirskoj stanici
- Istraživanje koje je finansirala NASA je merenjem EGG signala na tri kosmonauta u svemirskoj stanici Mir pokazalo:
  - Da je najveći poremećaj stomačnog ritma prisutan prvog dana boravka u svemirskoj stanici.
  - Da dolazi do adaptacije i prestanka simptoma nakon tri dana.
- Referenca:
  - Harm, Deborah L., Gwenn R. Sandoz, and Robert M. Stern. "Changes in gastric myoelectric activity during space flight." *Digestive diseases and sciences* 47.8 (2002): 1737-1745. doi: [10.1023/A:1016480109272](https://doi.org/10.1023/A:1016480109272)

ODABRANA ISTRAŽIVANJA - ES

# ES i povećanje zapremine koštane mase

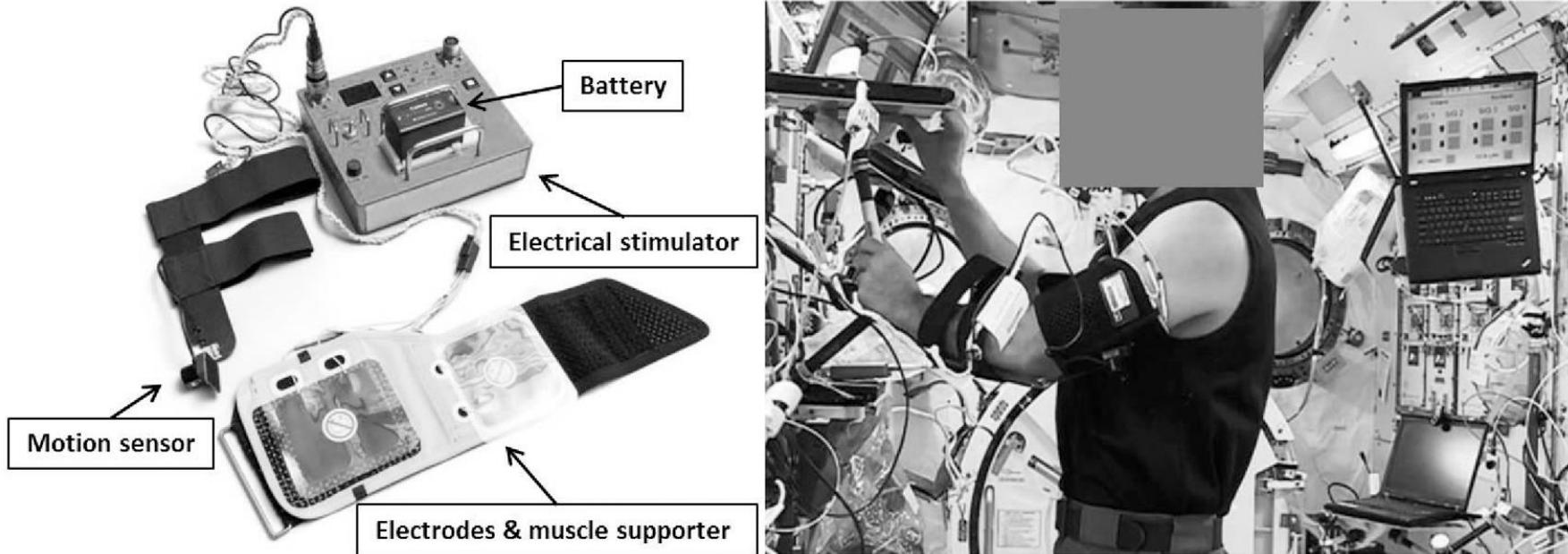
- Kost je piezoelektrik:
  - Skeletni sistem se menja i prilagođava mehaničkom opterećenju.
  - Ovo je važno da bi osteoblasti (vrsta koštanih ćelija) proizvele novo tkivo.
- Električna stimulacija (ES) kostiju i mišića:
  - Može se koristiti direktno jednosmerna struja (DC od eng. *Direct Current* za kosti) ili
  - indirektno nazimenični strujni impulsi (AC od eng. *Alternating Current*).
- ES mišića se koristi kod pacijenata sa povredom kičmene moždine sa ciljem delimičnog sprečavanja gubitka koštane mase.
- Više u:
  - Qin, Y. X., et al. "[Dynamic skeletal muscle stimulation and its potential in bone adaptation.](#)" *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions* 10.1 (2010): 12.
  - Shields, Richard K., Shauna Dudley-Javoroski, and Laura A. Frey Law. "[Electrically induced muscle contractions influence bone density decline after spinal cord injury.](#)" *Spine* 31.5 (2006): 548.

# ES za rehabilitaciju kosmonauta

- Boravak u svemiru smanjuje mehaničko opterećenje i dovodi do gubitka koštane mase (par procenata mesečno).
- Posebno je gubitak koštane mase izražen u donjim ekstremitetima.
- Iako boravak u međunarodnoj svemirskoj stanici uključuje stalnu fizičku aktivnost, rehabilitacija nakon povratka na Zemlju je neizbežna.
- ES se može koristiti i u svemirskoj stanici, ali i tokom rehabilitacije na Zemlji. Rezultati su pokazali da je efikasna i za oporavak kostiju, ali i za bol u leđima koji može da nastane nakon boravka u svemiru.
- Više u:
  - Carpenter, R. Dana, et al. "[Effects of long-duration spaceflight, microgravity, and radiation on the neuromuscular, sensorimotor, and skeletal systems.](#)" *J. Cosmol* 12 (2010): 3778-3780.
  - Maffiuletti, Nicola A., et al. "[Neuromuscular electrical stimulation as a potential countermeasure for skeletal muscle atrophy and weakness during human spaceflight.](#)" *Frontiers in physiology* 10 (2019): 1031.
  - Neeld, Curtis, et al. "[A Wearable Garment to Mitigate Low Back Pain in Astronauts.](#)" *International Journal of Exercise Science: Conference Proceedings.* Vol. 2. No. 11. 2019.

# Kombinacija voljnih pokreta i ES

se, takođe, pokazala korisnom



Shiba, Naoto, et al. "[Electrically stimulated antagonist muscle contraction increased muscle mass and bone mineral density of one astronaut-initial verification on the international space station.](#)" *PLoS One* 10.8 (2015): e0134736. Licenca: Creative Commons Attribution ([CC BY](#)).

# TELEMEDICINA

# Telemedicina

- Telemedicina je oblast medicine koja omogućava dijagnostiku i monitoring na daljinu. (izvor: <https://en.wikipedia.org/wiki/Telehealth>)
- Odlična zamisao, samo nije naširoko prihvaćena.



# Telemedicina

- Nedavno, ukazala se prilika i potreba, te je bilo prilike za obimniju primenu i istraživanja:
  - Polverino, Paola, et al. "Comprehensive telemedicine solution for remote monitoring of Parkinson's disease patients with orthostatic hypotension during COVID-19 pandemic." *Neurological Sciences* 43.6 (2022): 3479-3487. <https://doi.org/10.1007/s10072-022-05972-6>
- Slične primene u kriznim situacijama se spominju još od 2017. -  
<https://www.wired.co.uk/article/telemedicine>
- Za ljude u svemiru, to je jedina opcija
- I nije ništa novo, Rusija i NASA (eng. *The National Aeronautics and Space Administration*) su još 70ih sarađivale u ovoj oblasti:
  - Više u <https://www.nasa.gov/feature/nasa-and-telemedicine>
- Naravno, važno je da i posada ima neophodna znanja i opremu, te i pripreme na Zemlji.
  - <https://hbr.org/2017/07/how-nasa-uses-telemedicine-to-care-for-astronauts-in-space>

UMESTO ZAKLJUČKA

# Ukratko

- Biomedicinski signali predstavljaju veliki izazov:
  - Njihova analiza nije jednostavna jer oslikavaju rad kompleksnih živih sistema.
  - Imaju malu amplitudu ( $\sim\text{mV}$ ,  $\sim\mu\text{V}$ ) i nepovoljan odnos signal-šum SNR (eng. *Signal-to-Noise Ratio*).
  - Međutim, veoma su korisni, posebno u kvantitativnoj proceni fizioloških procesa.
- Električna stimulacija je važan element biomedicinskog inženjerstva:
  - Interesantna je i kombinacija sa povratnom spregom (merenje elektrofiziooloških signala).
  - Obećavajući su i hibridni uređaji.
- Kosmička medicina je:
  - Zanimljiva i multidisciplinarna oblast.
  - Trenutno u velikoj meri elitistička za naučna istraživanja.
  - Međutim, sa rastom inicijativa za deljenje podataka, verovatno će uskoro biti dostupna svima koji su za nju zainteresovani.

# Zahvalnica

- Veliko hvala celom BNE22 (eng. *Brand New Engineers*) timu, a posebno Akademskoj koordinatorki studentkinji Jeleni Đurić!
- Hvala dr Milošu Đorđeviću, višem naučnom saradniku i predsedniku Naučnog kolegijuma Laboratorije za fiziku 010 Instituta Vinča Univerziteta u Beogradu na ljubaznom pozivu da održim ovo predavanje.
- Priprema ove prezentacije je delimično podržana sredstvima Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije projekat br. TR 33020.
- Motivacija? Za dalje čitanje:
  - Living in space,  
[https://web.archive.org/web/20081010095918/http://esamultimedia.esa.int/docs/primedukit/en/PrimEduKit\\_ch4\\_en.pdf](https://web.archive.org/web/20081010095918/http://esamultimedia.esa.int/docs/primedukit/en/PrimEduKit_ch4_en.pdf), pristupljeno 24.11.2022.
  - ISS year-long mission NASA Twins Study iz 2012. godine koju su vodile NASA, Roscosmos i njihovi međunarodni partneri,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/ISS\\_year-long\\_mission](https://en.wikipedia.org/wiki/ISS_year-long_mission).
  - Kenneth Chang, Beings not made for space, 2014, The New York Times,  
<https://www.nytimes.com/2014/01/28/science/bodies-not-made-for-space.html>, pristupljeno 24.11.2022.



# Biomedicinsko inženjerstvo: Primena istraživanja u kosmičkoj medicini

Dr Nadica Miljković, vanredni profesor

Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet

e-mail: [nadica.miljkovic@etf.bg.ac.rs](mailto:nadica.miljkovic@etf.bg.ac.rs)

URL: <https://bit.ly/2Mo6VR1>