

Multimodalna psihofiziološka mjerjenja

Procjena ljudskih faktora u visoko stresnim zanimanjima

Mate Gambiraža, mag. ing.

Izv. prof. dr. sc. Siniša Popović

Prof. dr. sc. Krešimir Ćosić

Što su multimodalna psihofiziološka mjerena?

- Razni modaliteti koji mogu sadržavati informaciju o ispitanikovom kognitivnom i/ili emocionalnom stanju i/ili osobini
 - Periferne fiziološke mjere:
 - *Electrocardiography (ECG)* – električna aktivnost srca
 - *Electromyography (EMG)* – električna aktivnost mišića
 - *Respiration* – disanje
 - *Electrodermal activity (EDA)* – električna svojstva kože, vodljivost kože
 - *Skin temperature* – temperatura kože
 - Akustička svojstva ljudskog govora
 - Okulometrijske značajke
 - Promjer zjenice oka
 - Značajke praćenja pogleda
 - Značajke lica
 - Mjere aktivnosti središnjeg živčanog sustava
 - *Electroencephalography (EEG)*
 - *Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS)*
- *Research shows that multimodal psychophysiological measurement can reflect:*
 - participants' states like stress, cognitive workload, fatigue, situation awareness, state anxiety, emotional states;
 - more complex participants' traits like cognitive emotion regulation capabilities (that are related to stress resilience/vulnerability), attention control, intelligence, personality etc.

Važnost ljudskih faktora

- Ljudski faktor – glavni izvor nesreća u zrakoplovstvu
- Razlozi pogreške
 - stručni – pogrešna akcija pilota u izvanrednoj situaciji
 - atmosferski – npr. udari vjetra
 - ...
 - **psihofiziološki** – kognitivno opterećenje (cognitive workload, WL), situacijska svjesnost (situation awareness, SA)
- Pristupi rješenju

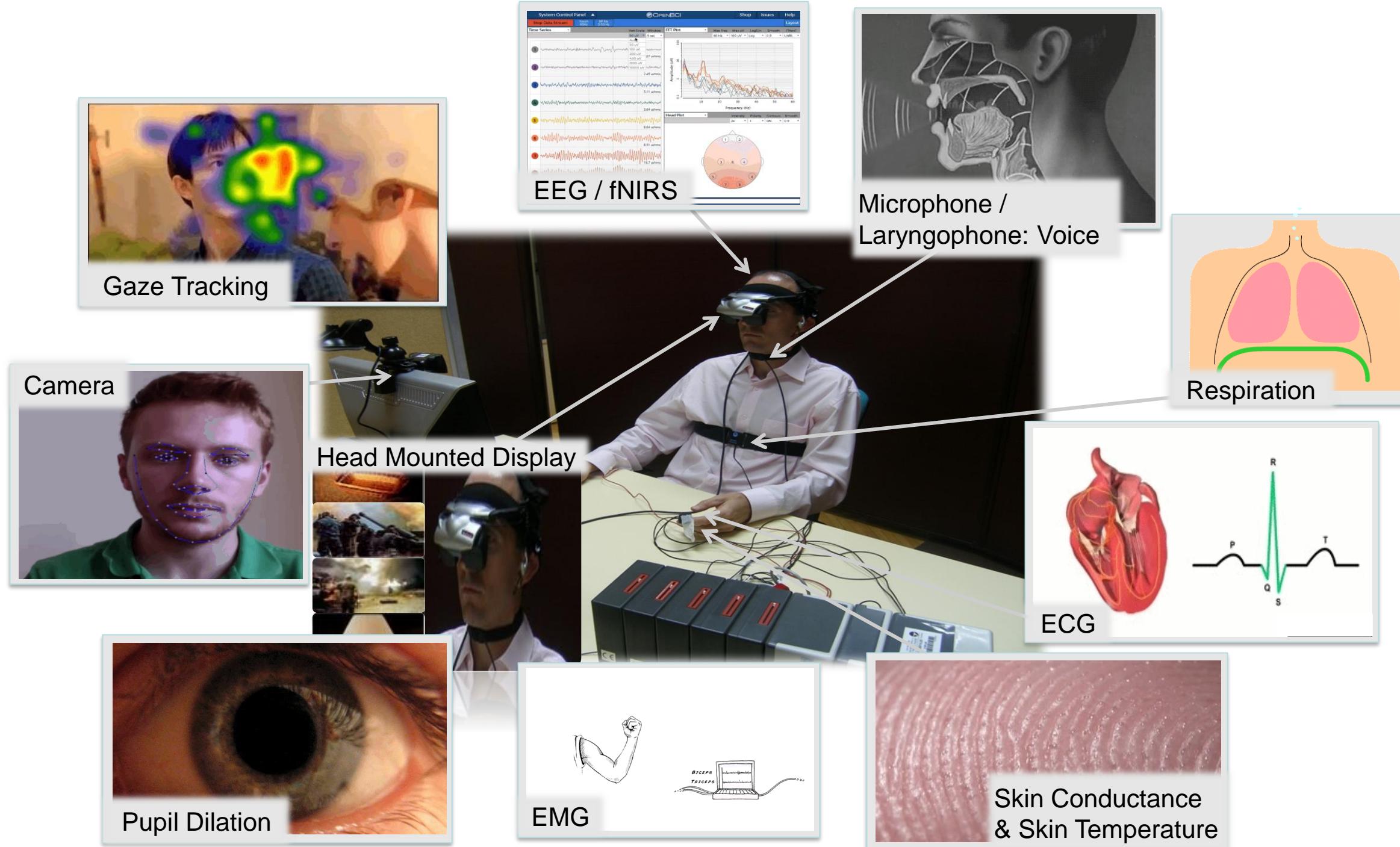
Long-term prevencija: **Objektivizacija estimacije određenih psiholoških karakteristika kandidata (npr. rezilijentnost) u fazama selekcije**

Short-term prevencija: **Multimodalno praćenje, analiza i predikcija kognitivno-emocionalnih stanja (npr. kognitivno opterećenje) u realnom vremenu**

HFs Relevant for Pilot Decision Making & Performance to Facilitate Safety & Operational Efficiency

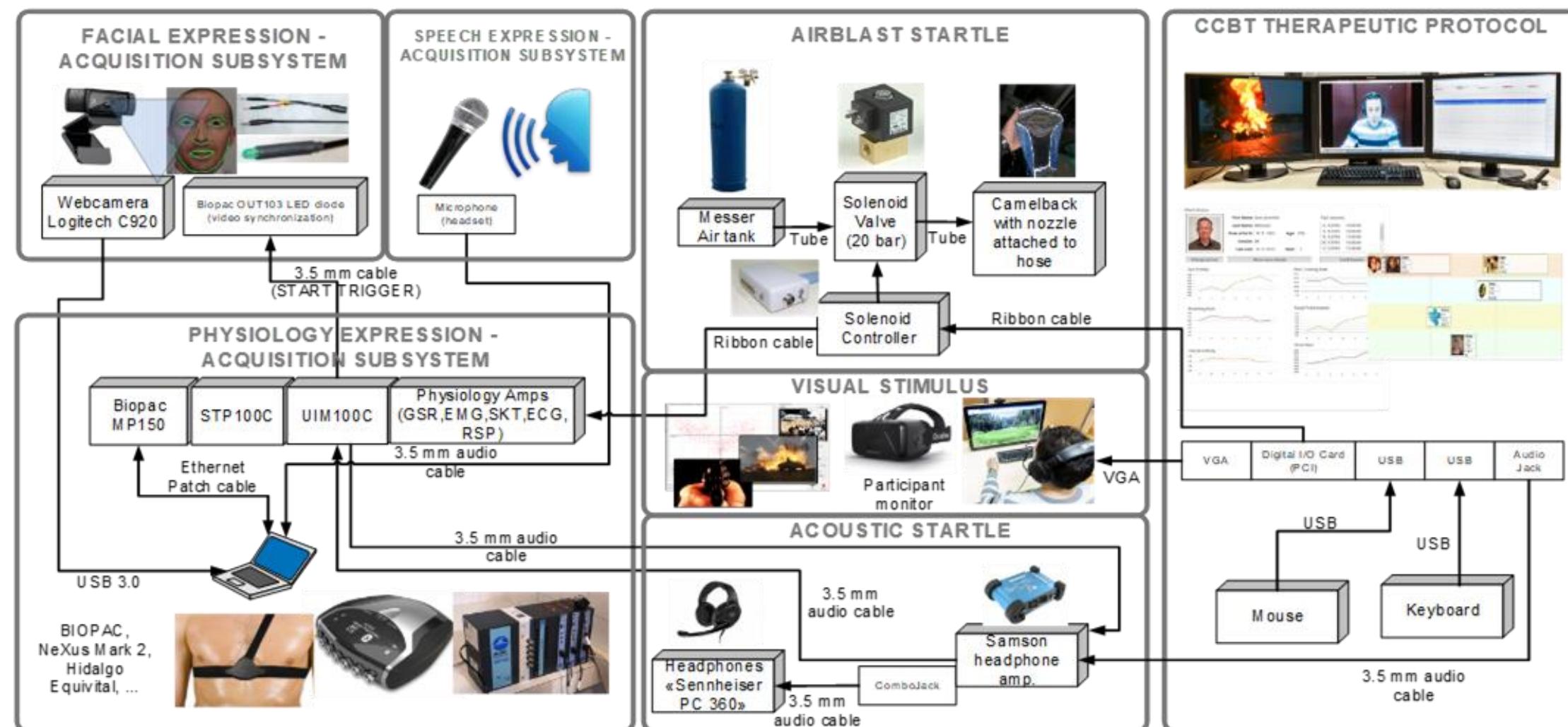
	WL	Stress	Fatigue	SA	Attention	Vigilance	Teamwork	Comm.	Trust
ECG	X	X	X	X	X	X			
EEG	X		X	X	X	X			
EMG	X	X	X						
EOG	X	X	X	X	X	X			
fNIR	X			X	X				
GRS/EDA	X	X	X						
Respiratory activity	X	X	X						
Eye-tracking	X	X	X	X	X				X
Subjective measures	X	X	X	X					
Primary / secondary task	X		X	X	X				
Expert observation	X			X	X		X	X	X
Communication analysis		X		X			X	X	
Seat sensors	X	X							
Voice analysis	X	X							
Pressure / grip sensors			X						
Polygraph sensor			X						
Electrochemical sensors			X						

Multimodalna psihofiziološka mjerena



Sustav za multimodalne ulazno-izlazne analize psihofiziološkog stanja pilota

- Generiranje multimodalnih stimulacija: vizualne, zvučne, taktilne (puhanje zraka)
- Multimodalno mjerjenje refleksnih i afektivnih reakcija (fiziologija, glas, lice/pokreti očiju, aktivnost PFC-a)
- Sustav je modularan pa se mjerena mogu razdvojiti po modalitetima i raditi odvojeno, npr. mjeriti glas bez opreme za puhanje zraka, mjeriti samo pokrete očiju, samo fiziologiju itd.



Periferne fiziološke mjere

ECG, EDA, EMG, ...

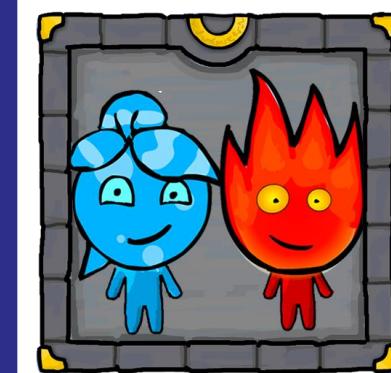
Autonomni živčani sustav (ANS)

- Autonomni živčani sustav je kontrolni sustav koji uglavnom djeluje nesvjesno i regulira tjelesne funkcije
 - Dio perifernog živčanog sustava koji opskrbljuje glatke mišiće i žljezde, te tako utječe na funkciju unutarnjih organa
- Dijeli se na **simpatikus** i **parasimpatikus**
 - ova dva sustava djeluju uvijek suprotno na jedan organ tj. antagonistički

Rest
&
Digest

PARASIMPATIKUS

- Osiguravanje životnih funkcija tijekom odmora
- Oporavak organizma na dnevnoj razini, tijekom bolesti i napora
- Izlječenje organizma nakon opasnih situacija i suočavanja s problemima
- Regulira krvnog tlaka i otkucaja srca (smirivanje), usporava disanje, potiče perifernu cirkulaciju, ...



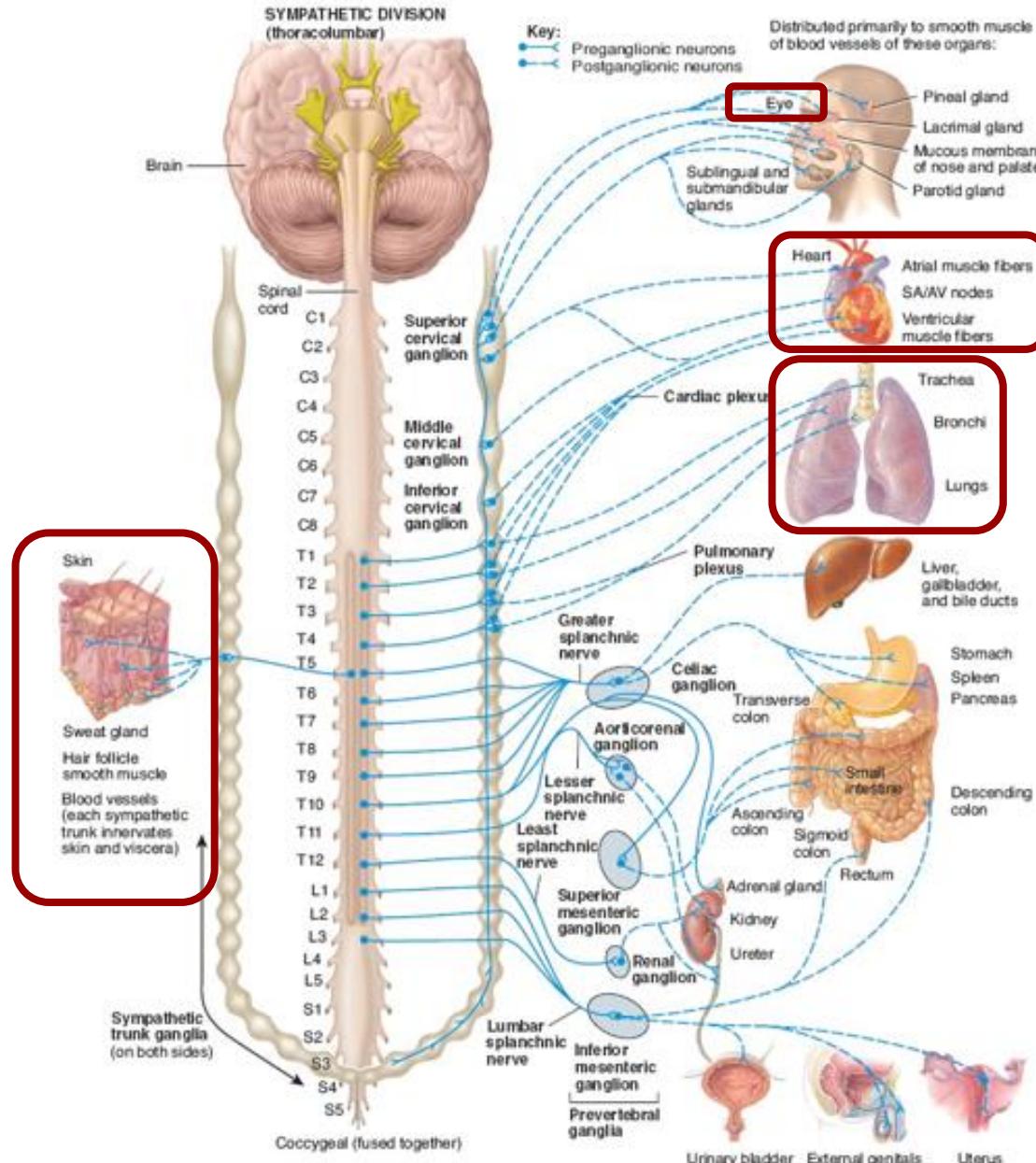
SIMPATIKUS

- Aktivnost tijekom reakcija poput straha i tjeskobe koje troše tjelesne zalihe energije
- Priprema organizam na pojačani rad i za opasnost, a djeluje i u stanju emocionalnih promjena
- Širi zjenice, ubrzava disanje i rad srca, pojačava izlučivanje hormona adrenalina iz nadbubrežne žljezde, ...

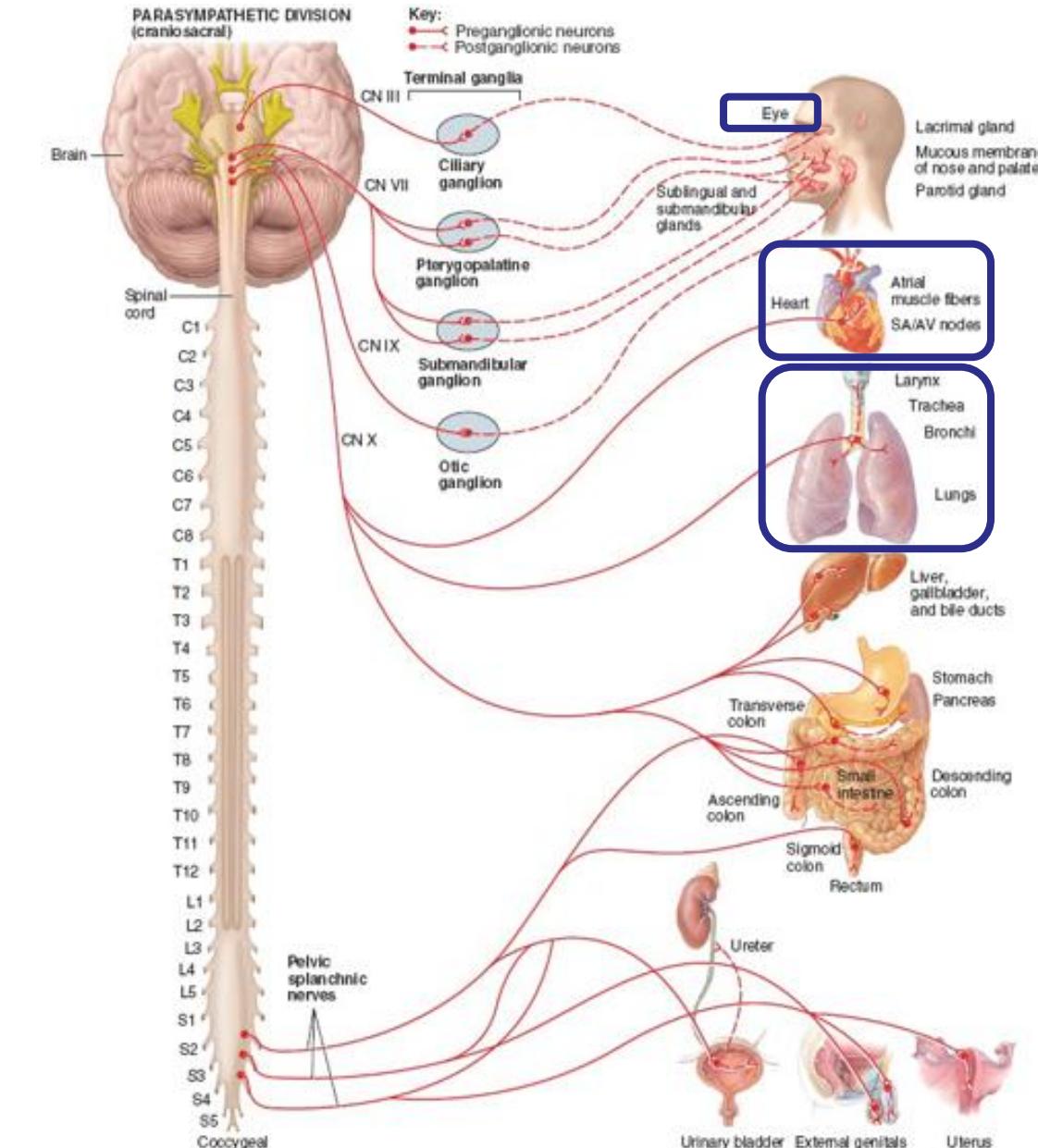
Fight
Or
Flight

Autonomni živčani sustav (ANS)

SIMPATIKUS

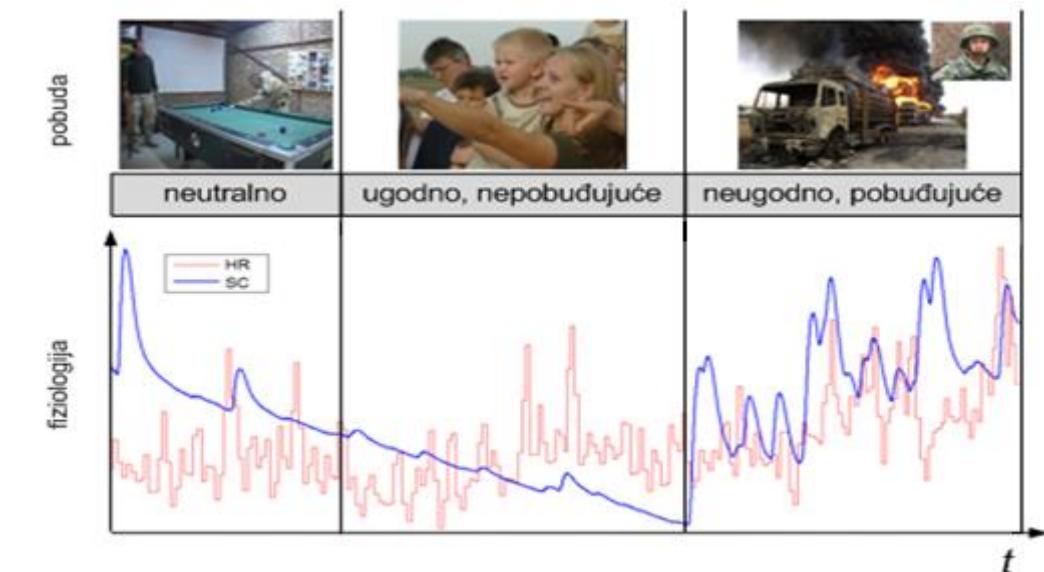
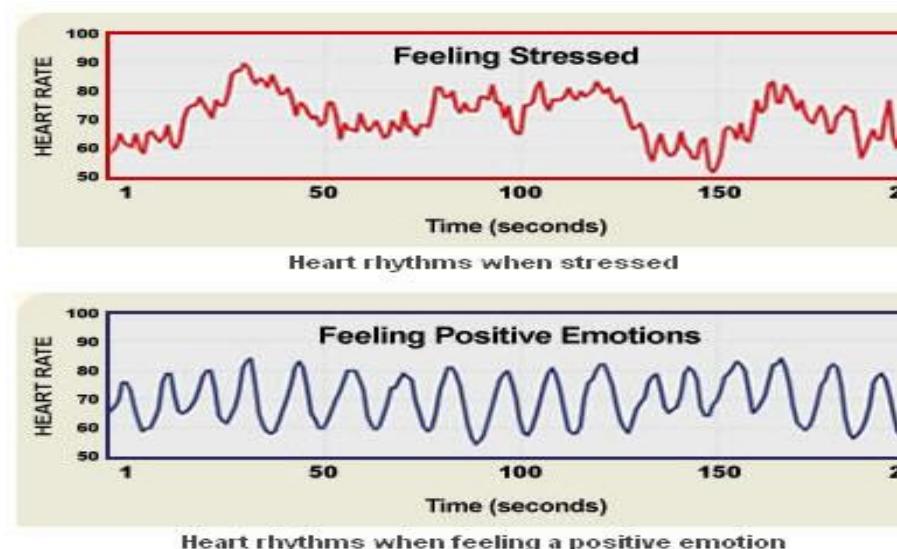


PARASIMPATIKUS



Zašto mjeriti fiziološke signale u predikciji mentalnih stanja/osobina

- Fiziološke promjene u tijelu nisu pod izravnom voljnom kontrolom, a značajno su povezane s anksioznošću, stresom, emocijama...
- Promjene u srčanom ritmu povezane su sa:
 - mentalnim i fizičkim stresom
 - različitim emocijama
 - promjenama raspoloženja, npr. depresijom
- Znojenje (vodljivost kože) raste s uznenirenošću, stresom...
- ...



Rezilijentnost

- Sposobnost dobre prilagodbe na **stresnu situaciju** i oporavka od iste [1]
- Dinamičan proces koji obuhvaća **pozitivnu prilagodbu** tijekom nesreće [2]
- Osobina koja može biti naučena i razvijena, a posebno je bitna za visoko-stresna zanimanja
- Rezilijentnost - rezultat međuutjecaja
 - **bioloških predispozicija**
 - **psiholoških karakteristika**
 - **vanjskih čimbenika (događaja)**



[1] Luthar, SS. Resilience in Development: A Synthesis of Research across Five Decades. *Developmental Psychopathology*. 3, 2006.

[2] Charney DS. Psychobiological mechanisms of resilience and vulnerability: implications for successful adaptation to extreme stress. *Am J Psychiatry*. 161(2), 195-216, 2004.

Rezilijentnost

- Rezilijentnost na stres je kompleksan i relativno slabo istražen fenomen
- Vulnerabilnost na stres je uzrok relativno visokog postotka razvoja psihičkih poremećaja uzrokovanih stresom (npr. PTSP)
 - vojnici, piloti
 - first responders: hitna pomoć, vatrogasci, policija, spasioci...
 - dugotrajno izloženi visokim razinama stresa: kontrola zračne plovidbe, djelatnici dječje onkologije...
- Rješenje:
 - pravovremena predikcija rezilijentnosti/vulnerabilnosti
 - treninzi jačanja rezilijentnosti (Resilience Building Training)

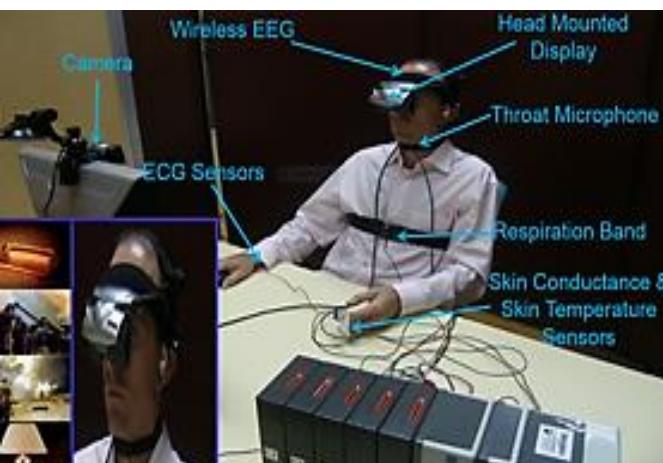


Mjerenje rezilijentnosti

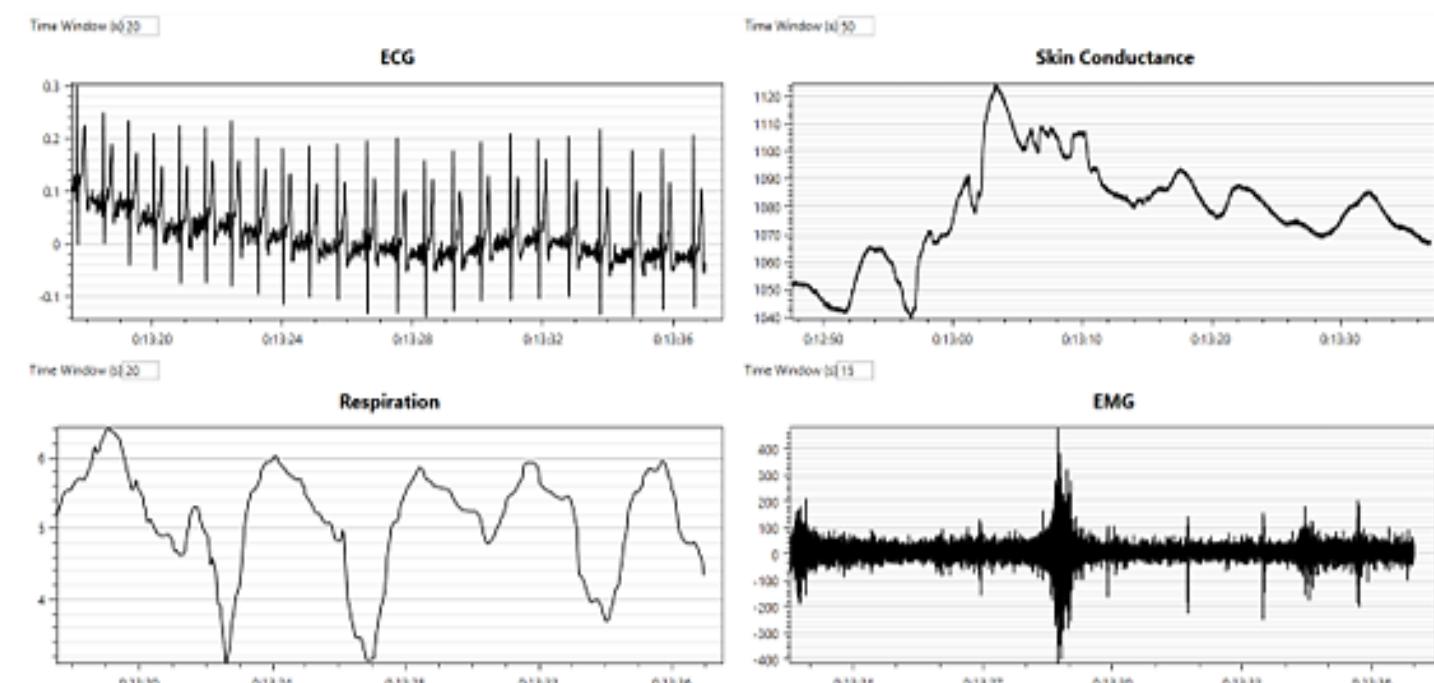
- Dubinska procjena – ekspresije gena, biomarkeri, MRI/fMRI
 - najčešće invazivni, kompleksni i skupi za izvođenje
 - pružaju najdublji uvid u ispitanikova unutarnja stanja/karakteristike
- Samoprocjena – psihološki upitnici
 - iznimno neinvazivni, jeftini i jednostavni za izvođenje
 - podložni pristranosti/subjektivnosti samoprocjene
- Motorika oka, glasovne, fiziološke značajke
 - neinvazivne te relativno jednostavne i jeftine metode
 - objektivne mjere, ali je informacija zašumljenija
- Robustan biomarker rezilijentnosti s diskriminativnom snagom još nije ustanovljen! [ref]

Fiziologija

- Elektrokardiografija (ECG)
 - srčani ritam, varijabilnost srčanog ritma
- Disanje
 - razina pobuđenosti, respiratorna sinusna aritmija
- Vodljivost kože (EDA, SC)
 - aktivnost simpatičke grane ANS-a
- Elektromiografija (EMG)
 - startle odziv očnog mišića (orbicularis oculi) – intenzitet treptaja

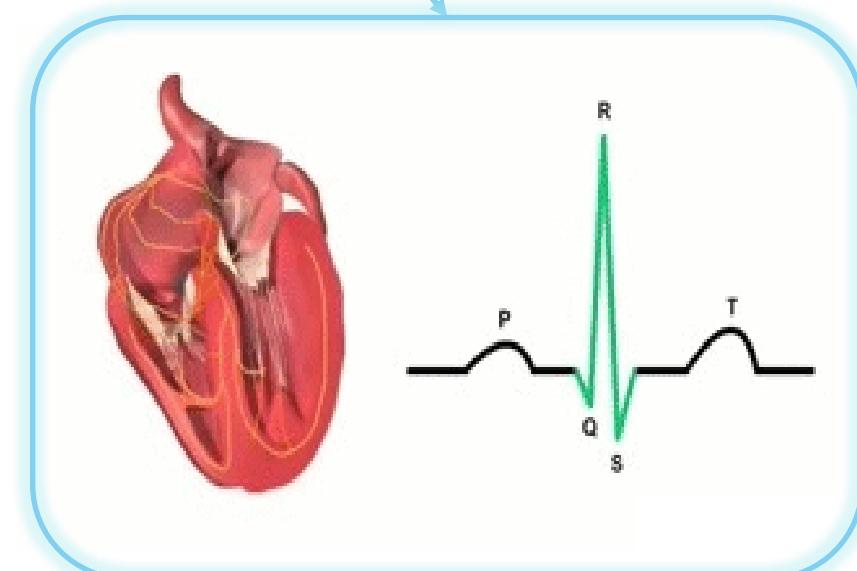


BIOPAC MP150



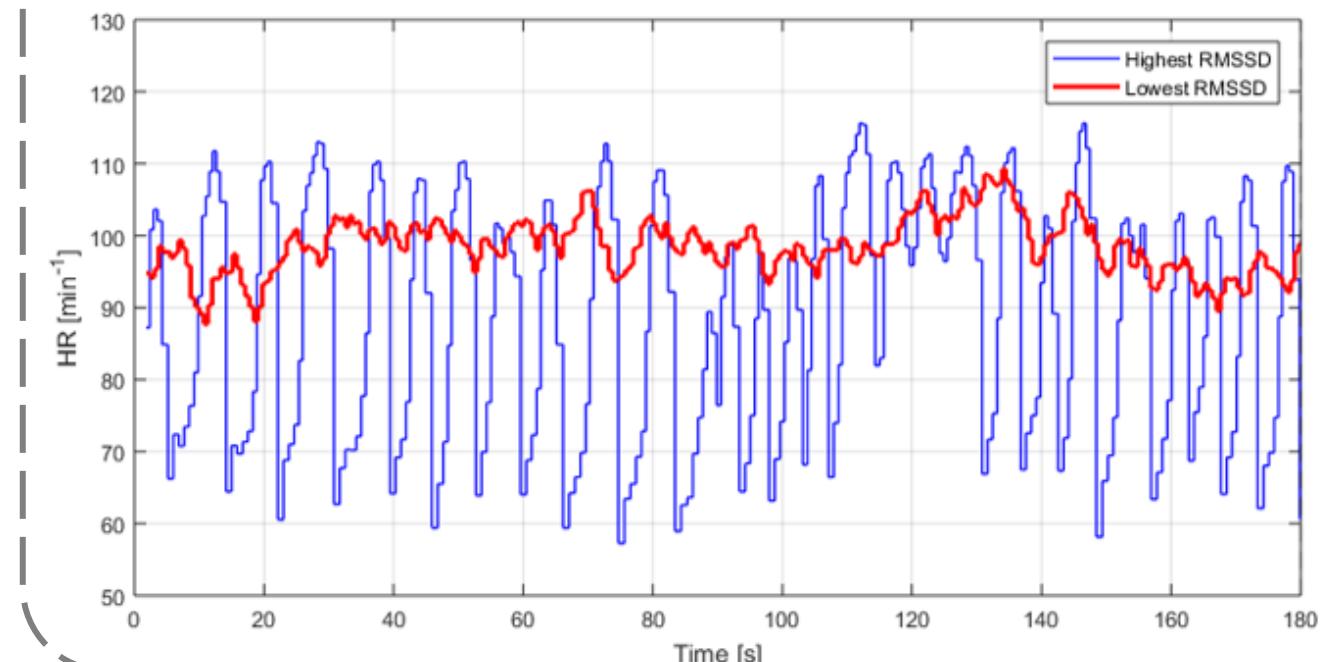
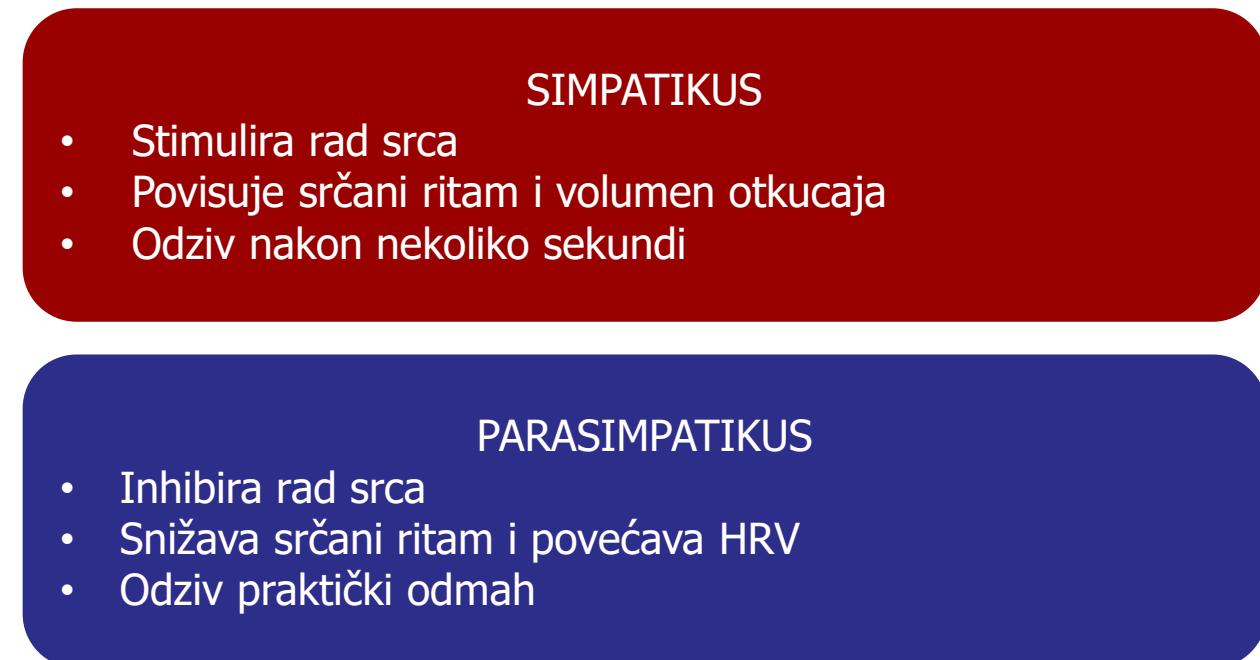
Zašto rad srca i disanje

- **Srce ne kuca jednoliko!**
- Osnovni preduvjet
 - Vrlo precizna detekcija vremena otkucaja srca (EKG) (ref.)
- Analiza
 - Srčani ritam (HR)
 - Varijabilnost srčanog ritma (HRV)
 - Respiratorna sinusna aritmija (RSA)
 - Reakcija i oporavak HR-a i HRV-a
- Povišeni srčani ritam i smanjena varijabilnost srčanog ritma su indikator pojačane simpatičke aktivnosti, stresa
 - Smanjena **ravnoteža simpatičke i vagalne (parasimpatičke) kontrole rada srca** (engl. sympathovagal balance)
- Sporo i duboko disanje je indikator opuštenosti
 - Vidljiv utjecaj ritma disanja na promjene srčanog ritma (RSA) je znak **dobre parasimpatičke modulacije rada srca** (važno za rad srca pod utjecajem stresa!)



Varijabilnost srčanog ritma (HRV)

- **Srce ne kuca jednoliko!**
- Varijabilnost srčanog ritma
 - Varijacije u trajanjima intervala između otkucaja srca
- engl. Heart Rate Variability (**HRV**)
- Otkriva nam puno više od same informacije o srčanom ritmu (HR)

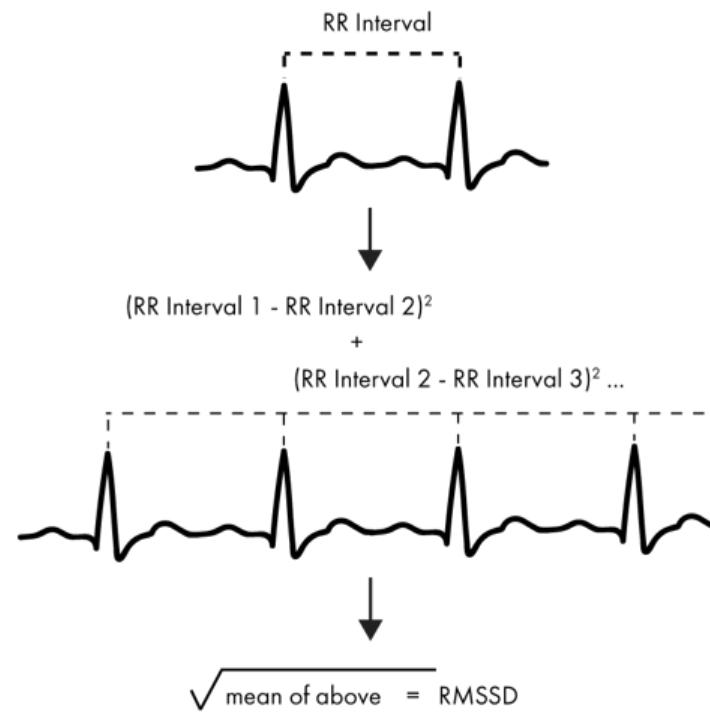


Analiza – HRV

- Niz metoda i značajki – reprezentacija fenomena varijabilnosti srčanog ritma (HRV)
- Računaju se iz niza RR intervala
- Uobičajena podjela:
 - **Značajke u vremenskoj domeni (SDNN, RMSSD, geometrijske, ...)**
 - jednostavna statistička svojstva signala
 - **Značajke u frekvencijskoj domeni (LF, HF, LF/HF, ...)**
 - problem odabira metode estimacije spektralne gustoće snage neuniformno uzorkovanog signala
 - **Nelinearne značajke**
 - fraktalne mjere – samo-sličnost signala neovisno o vremenskoj skali
 - entropija – (ne)pravilnost signala
 - Ljapunovljev eksponent – nelinearna, kaotična dinamika sustava

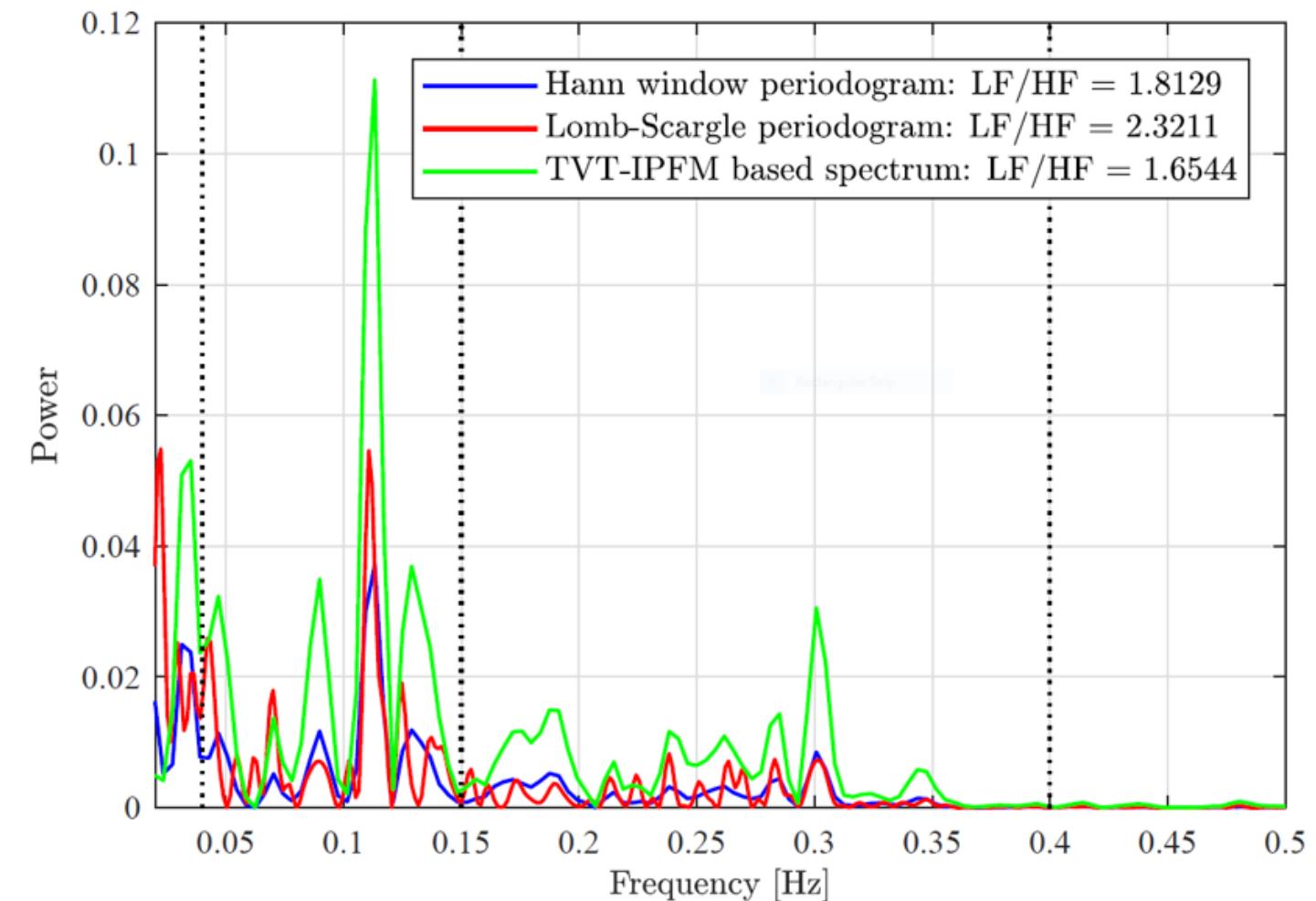
Analiza – HRV

Vremenska



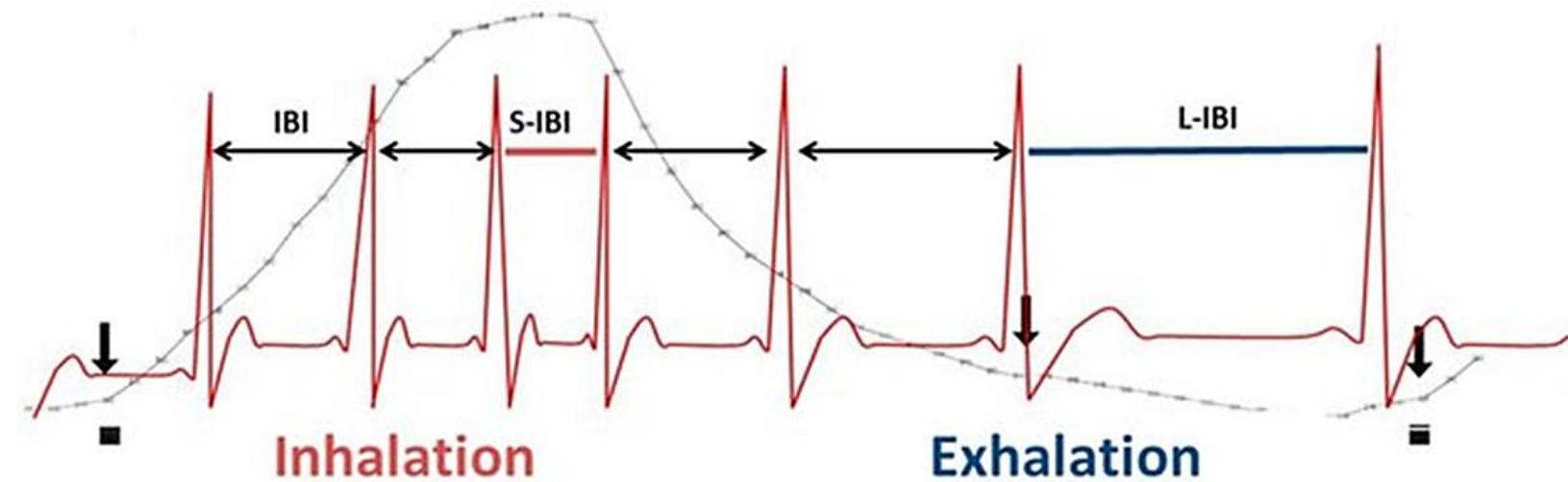
TIME DOMAIN INDICES		
Variables	Description	Formula
MEAN	Average of all RR intervals	$MEAN = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N RR_i$
SDNN	Standard deviation of all RR intervals	$SDNN = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (RR_i - \bar{RR})^2}{N}}$
SDANN	Standard deviation of the averages of RR intervals in all 5-minute segments of the entire recording	$SDANN = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{28} (\bar{RR}_j - \bar{RR}_{\text{all}})^2}{28}}$
RMSSD	Square root of the mean of the sum of the squares of differences between RR interval	$RMSSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N-1} (RR_{i+1} - RR_i)^2}{N-1}}$

Frekvencijska



Respiratorna sinusna aritmija (RSA)

- RSA is defined as heart rate variability (HRV) synchronised with respiration, marked by heart rate increase during inspiration and heart rate decrease during expiration



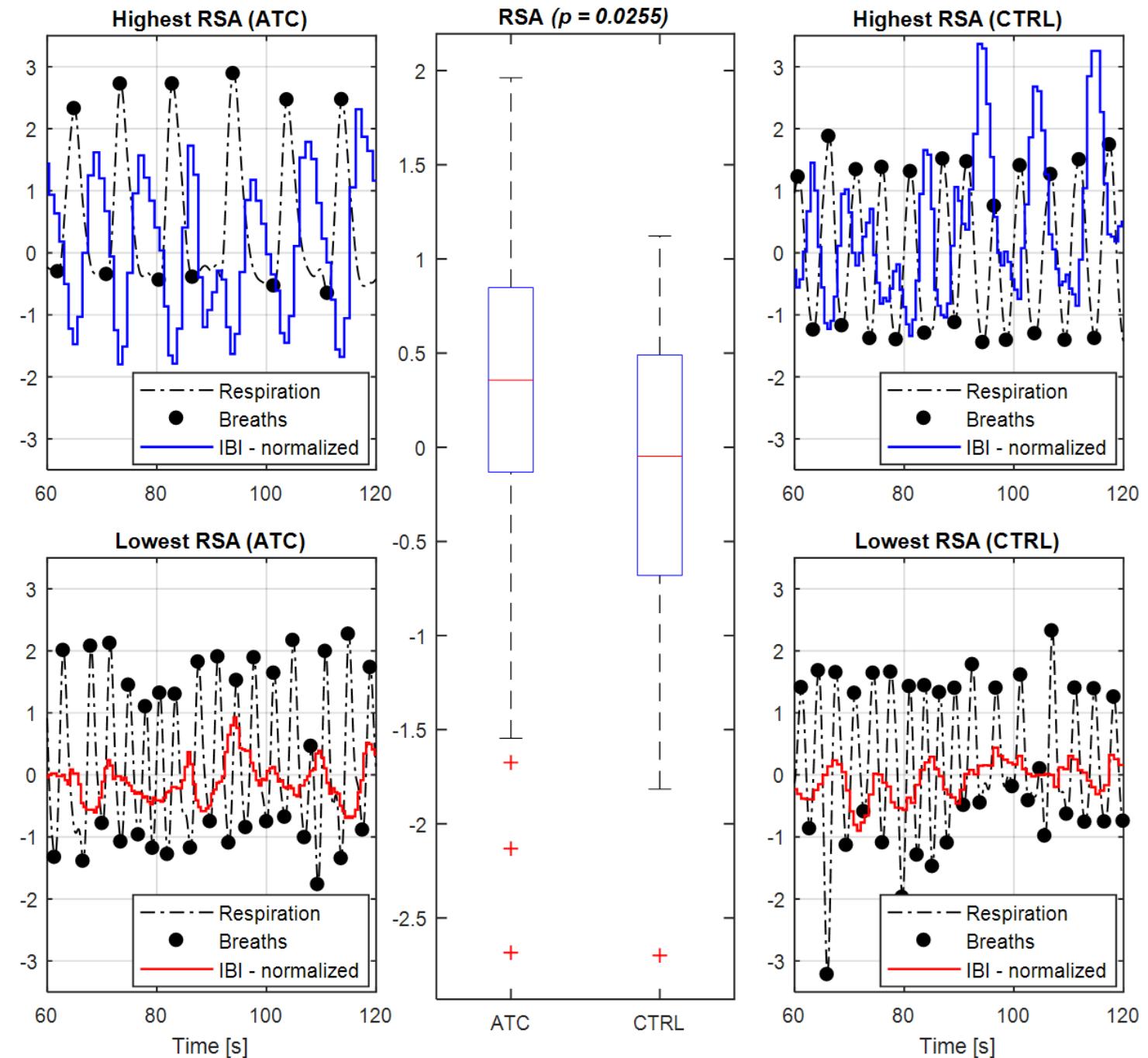
- Physiologic role: enhancing the efficiency of respiratory gas exchange
- Psychophysiological: index (biomarker) of emotion regulation capacity
 - low RSA was observed in various psychopathological states related to emotion dysregulation (e.g. anxiety disorders, bipolar disorder, depression)
 - pronounced RSA was found to be a marker of protective traits like stress resilience
- Test-retest reliability (temporal stability) – trait assessment

Analiza - RSA

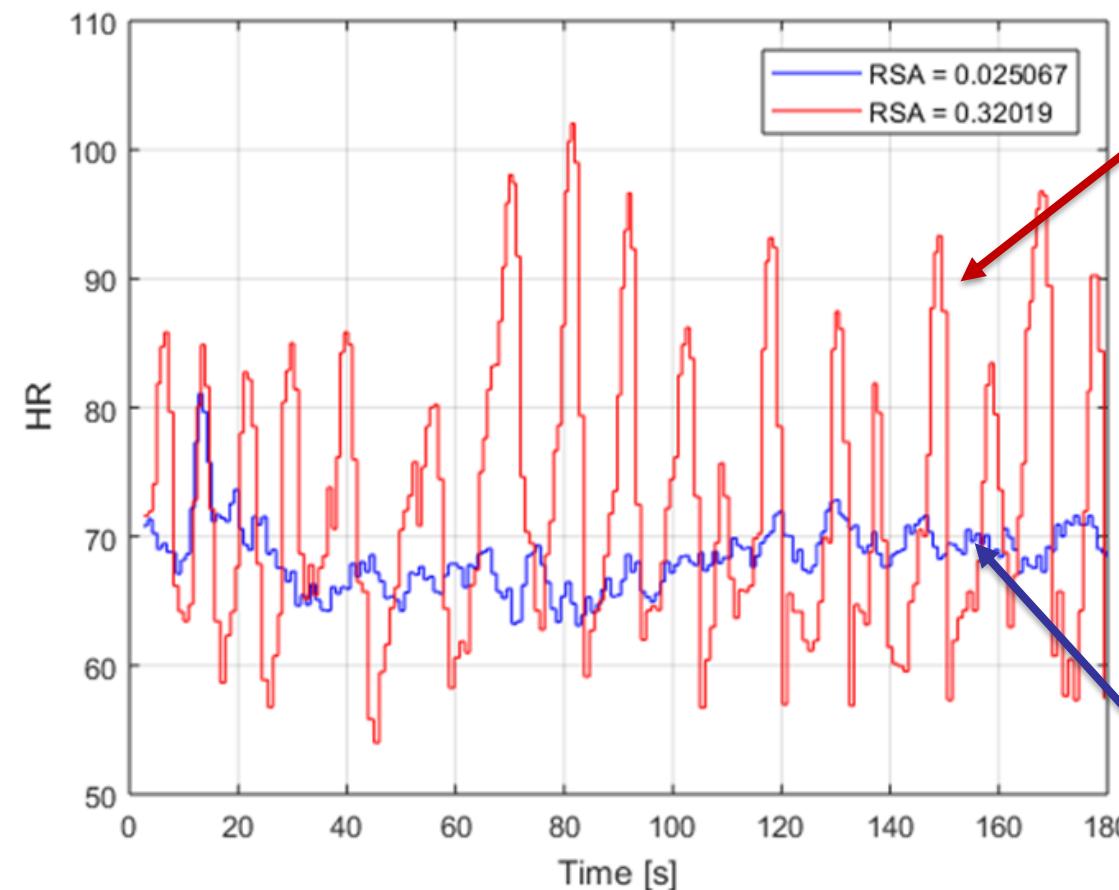
RSA assessment methods:

- P2T** ○ Mean peak-to-through difference in IBI times determined on a breath-by-breath basis
 - T-CCC** ○ Correlation between the baseline corrected RR-interval series and baseline corrected respiratory effort
 - S-BF** ○ Relative HRV spectral power in a $\pm 0.015\text{Hz}$ neighborhood around the breathing frequency
 - S-CCC** ○ Correlation between the HRV spectrum and respiratory spectrum
- ✓ **PCA fusion:** 1 final feature

Zašto PCA? Ne znamo koja je metoda procjene RSA najbolja.

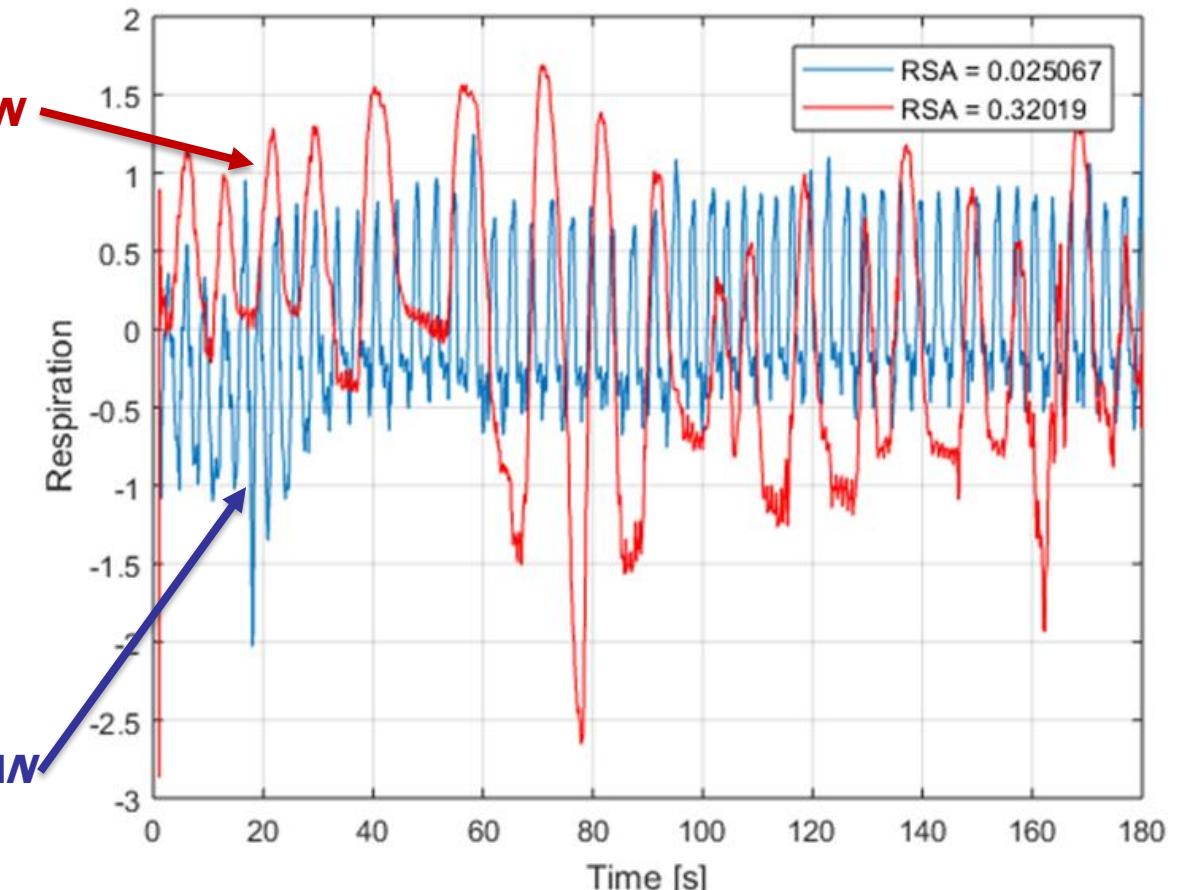


Analiza - RSA



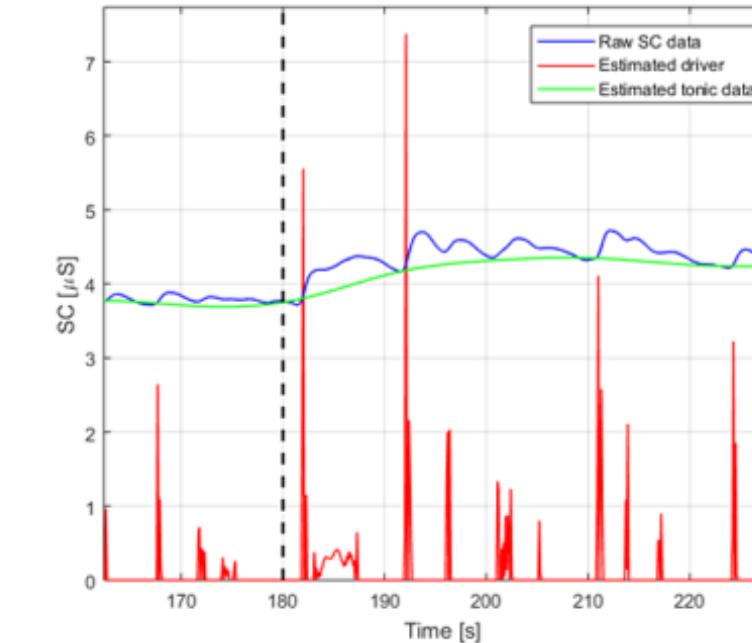
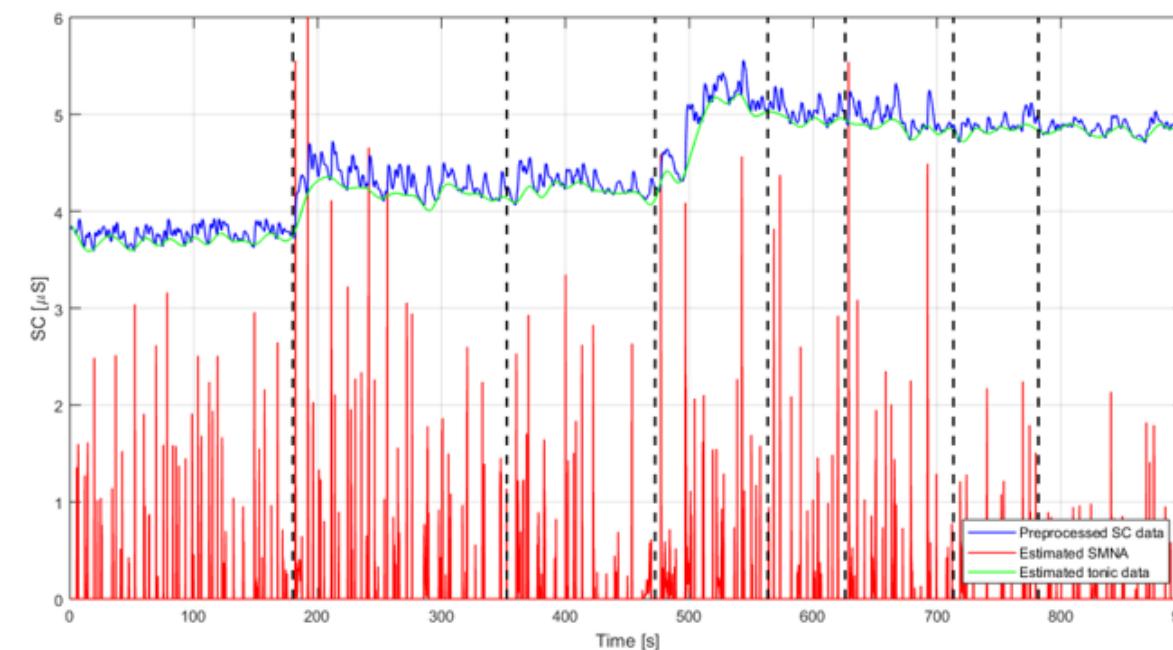
REZILIJENTAN

VULNERABILAN



Analiza – vodljivost kože (SC, GSR, EDA)

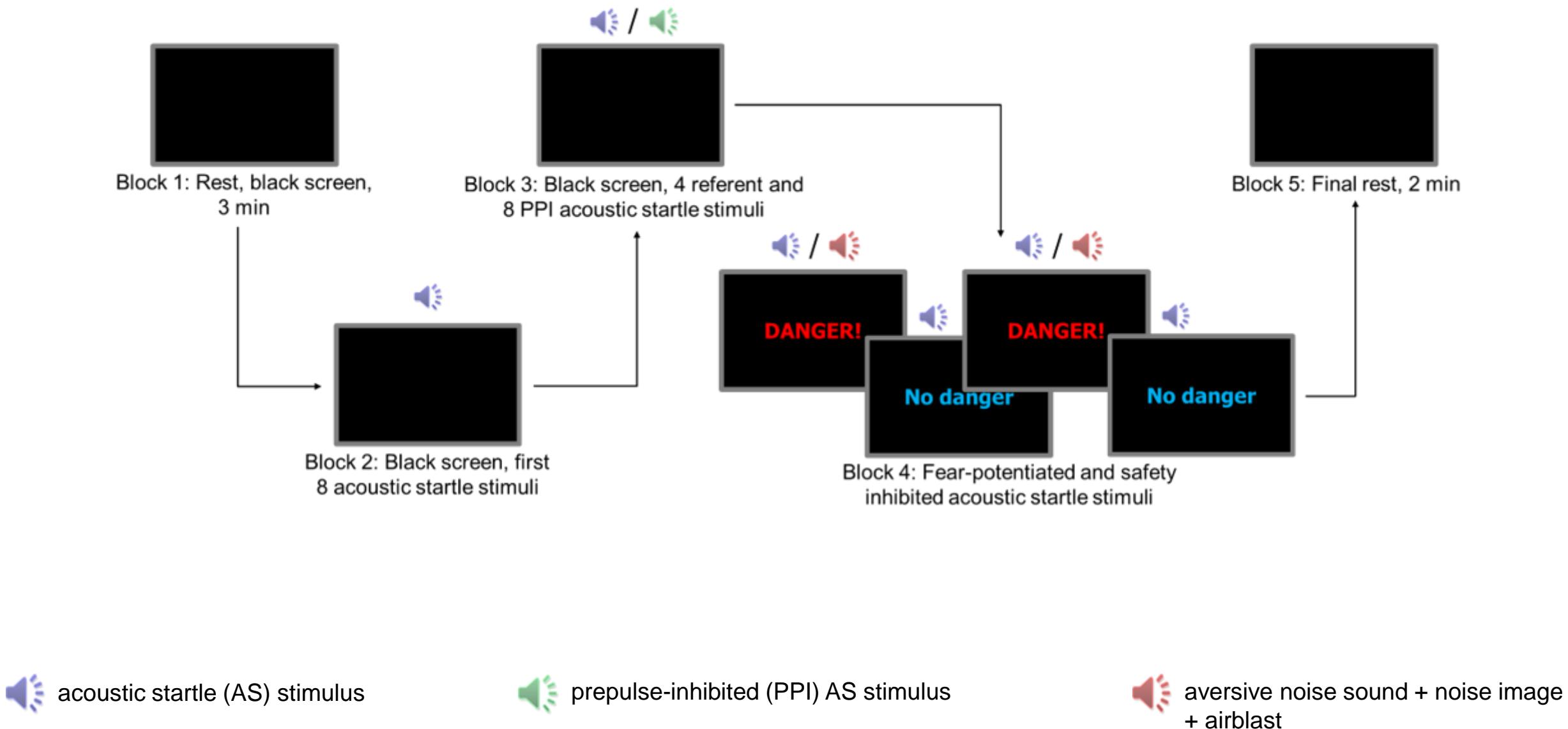
- Može se promatrati kao sustav
 - Pobuda: simpatikus (SMNA) - *estimiramo*
 - Odziv: vodljivost kože – *mjerimo*
- Pojačano znojenje (povišena električna vodljivost kože) je posljedica aktivacije simpatičkih sudomotornih vlakana!
 - SC – indikator aktivnosti simpatičke grane ANS-a (bez utjecaja parasimpatikusa!)



Pregled potencijalnih značajki od interesa

- Baseline features
 - resting cardiorespiratory activity
 - resting skin conductance features?
- Acoustic startle response analyses
 - AS habituation and startle response modulations (prepulse, danger, safety)
- Allostatic response
 - can be observed in the context of fear-potentiated startle: returning to baseline
 - baseline physiological features (pre- vs. post- analysis)

Stimulacijska paradigma



Stimulacijska paradigma

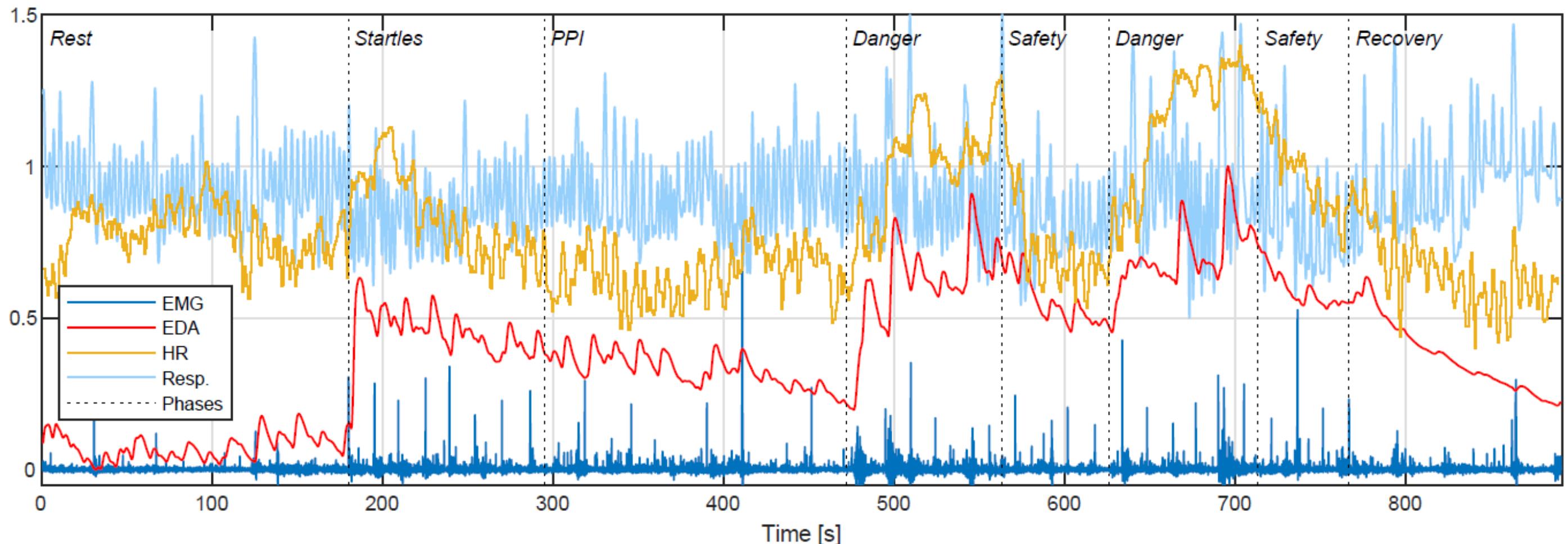


Fig. 3. A time-domain plot of the recorded physiological signals, i.e. preprocessed EMG, EDA, respiration and ECG-based instantaneous HR signal, for a specific participant, throughout the entire duration of the stimulation protocol. Phases and subphases of the stimulation protocol (Fig.2.) are denoted at the top of the plot. For visualization purposes all signals were normalised, and appropriate DC offsets were applied.

Stimulacijska paradigma

- Elicitacija niza psihofizioloških značajki rezilijentnosti:
 - Značajke mirovanja:
 - Srednja vrijednost srčanog ritma (HR)
 - Respiratorna sinusna aritmija (RSA)
 - Značajke varijabilnosti srčanog ritma (HRV)
 - Značajke vezane za akustički startle (AS) odziv
 - Generalna razina reaktivnosti na startle podražaje
 - Habituacija na AS
 - Prepulse inhibicija odziva na AS
 - Pojačanje odziva na AS pod utjecajem anksioznosti/straha
 - ...
 - Značajke alostatskog odziva (fiziološka reakcija i oporavak)
 - Reakcija i oporavak:
 - HR, HRV, EDA, BR, BRV, BA, BAV ...

Baseline 1 – fiziološke značajke mirovanja

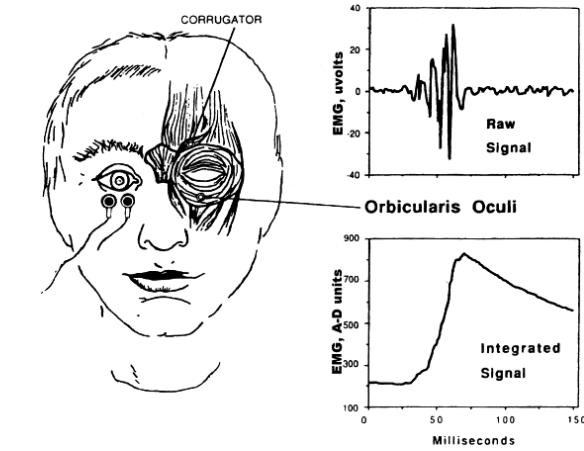
- 3 minute mirovanja – mjere se ECG, SC, disanje
- Pregled relevantnih značajki na kojima bi se vidjele razlike među pojedinim ispitanicima:
 - Srednja vrijednost srčanog ritma (HR)
 - Respiratorna sinusna aritmija (RSA)
 - Značajke varijabilnosti srčanog ritma (HRV)
 - Frekvencija disanja (idealno oko 0.1Hz)
 - Razina vodljivosti kože (SCL)
 - Frekvencija i amplituda spontanih sudomotornih aktivacija (SMNA) (engl. bursts)

Acoustic startle (AS) response

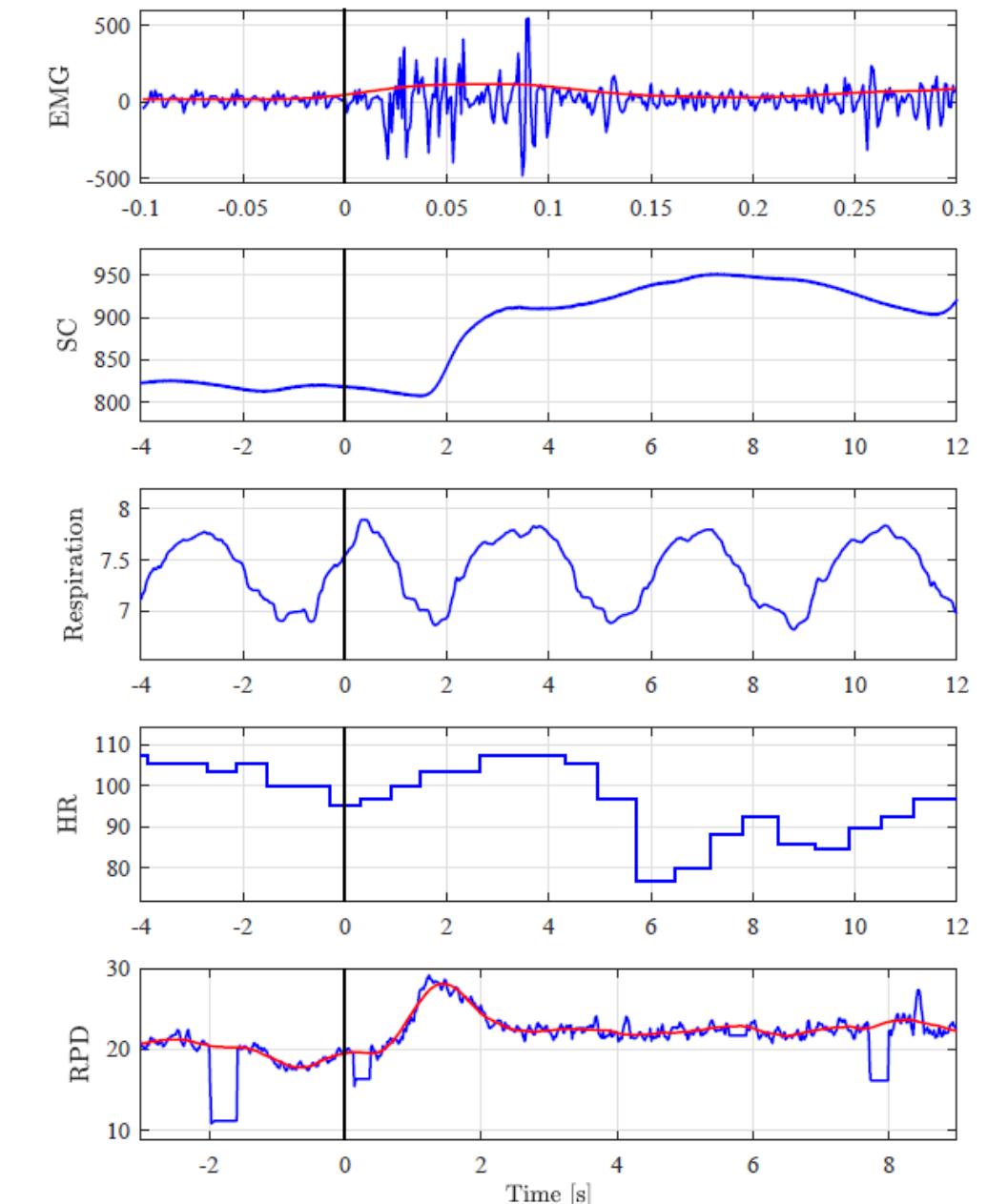
- *Startle* odziv je obrambena reakcija na nagli podražaj, kao što je zvuk, najčešće u averzivnom kontekstu
- Tipična pobuda – kratak, glasan (80+ dB) bijeli šum
- Tipična mjera – EMG (orbicularis oculi)
 - relativno brza petlja, latencije ispod 100ms



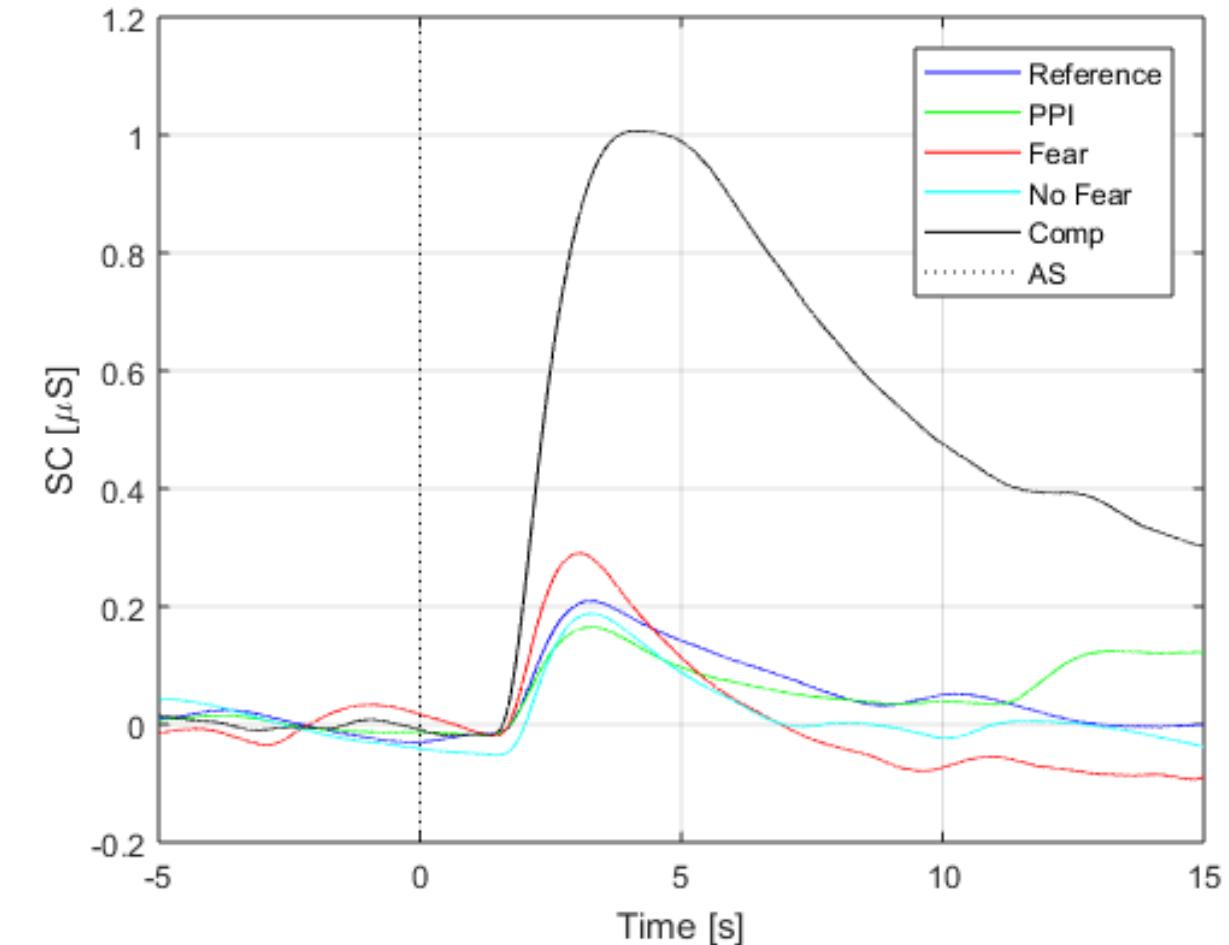
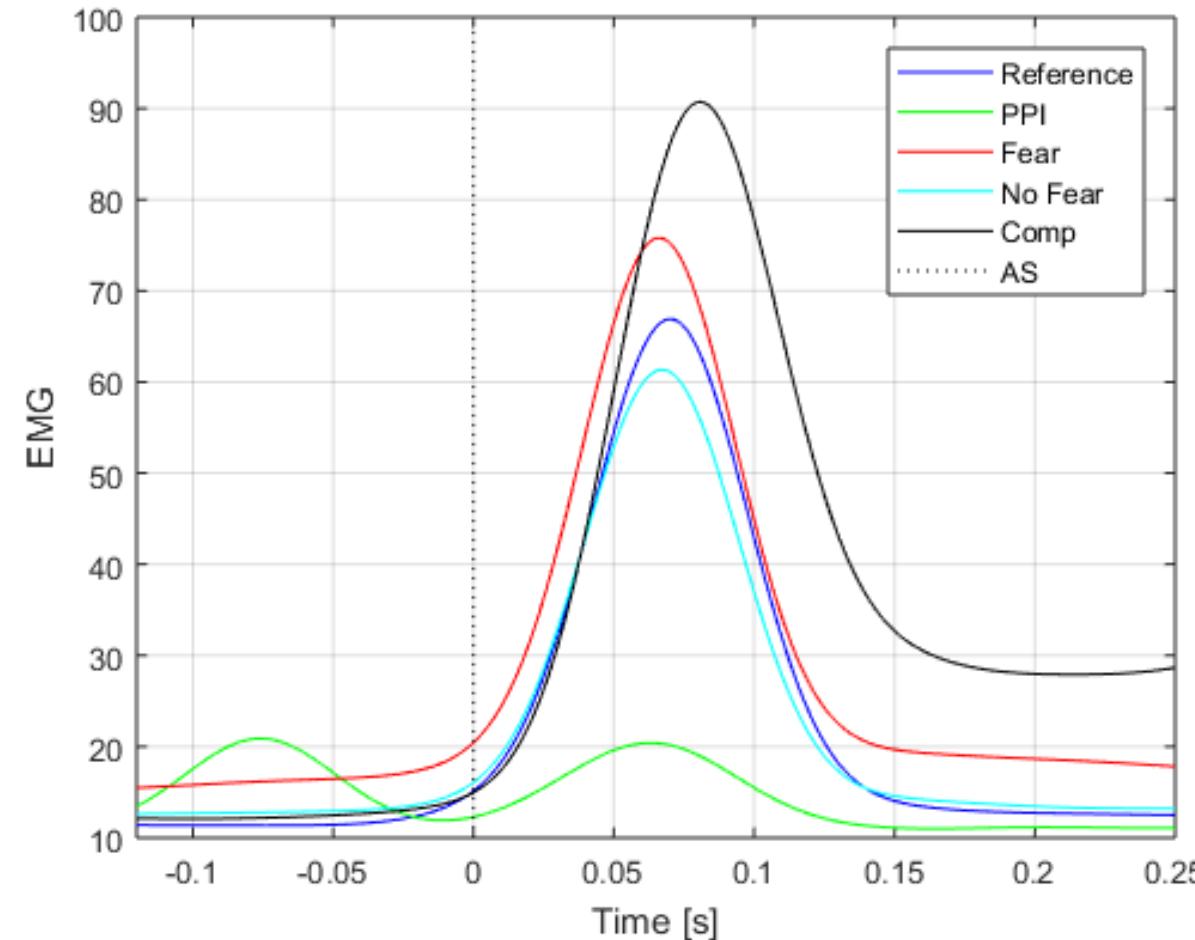
EMG - odziv mišićne aktivnosti



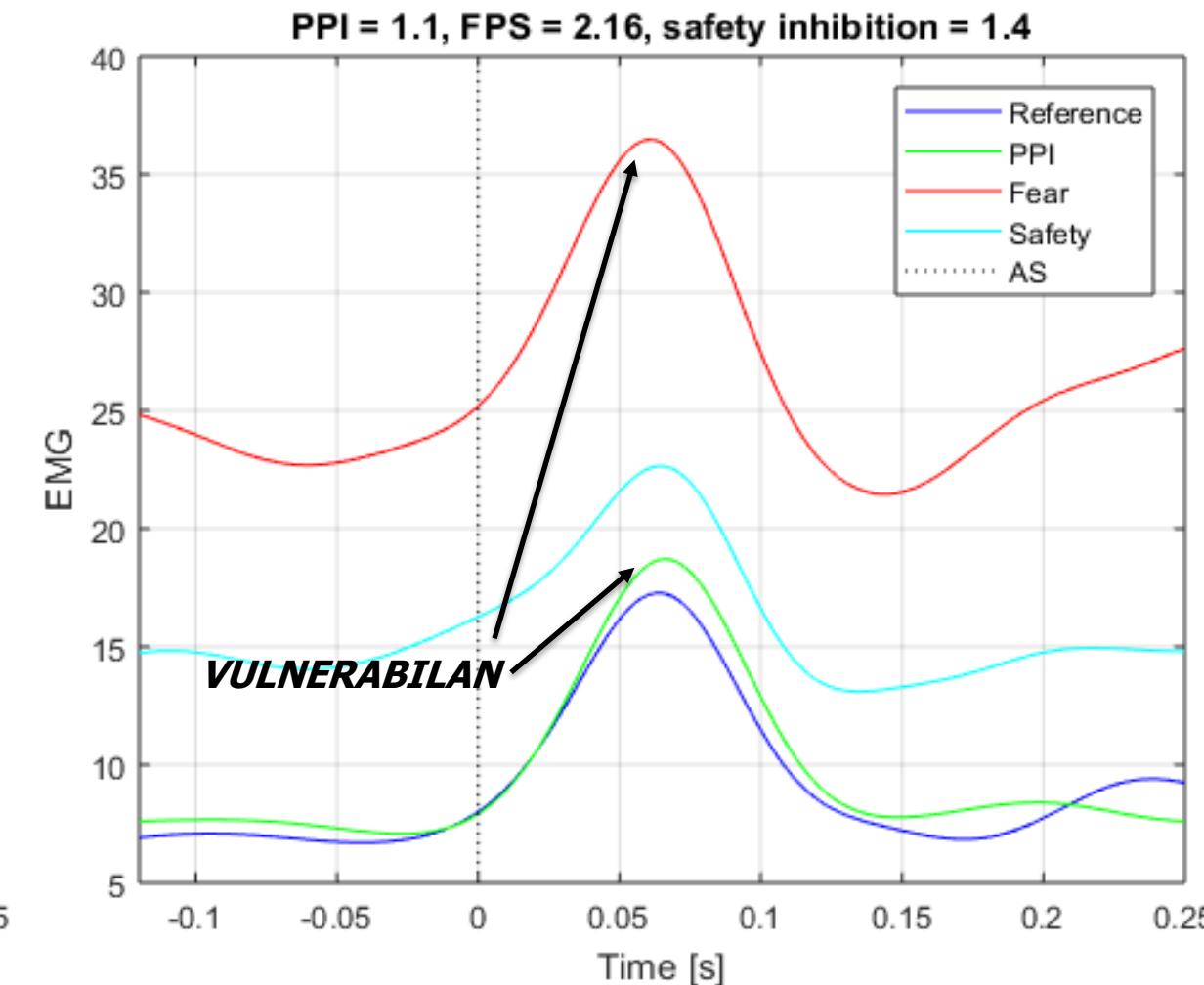
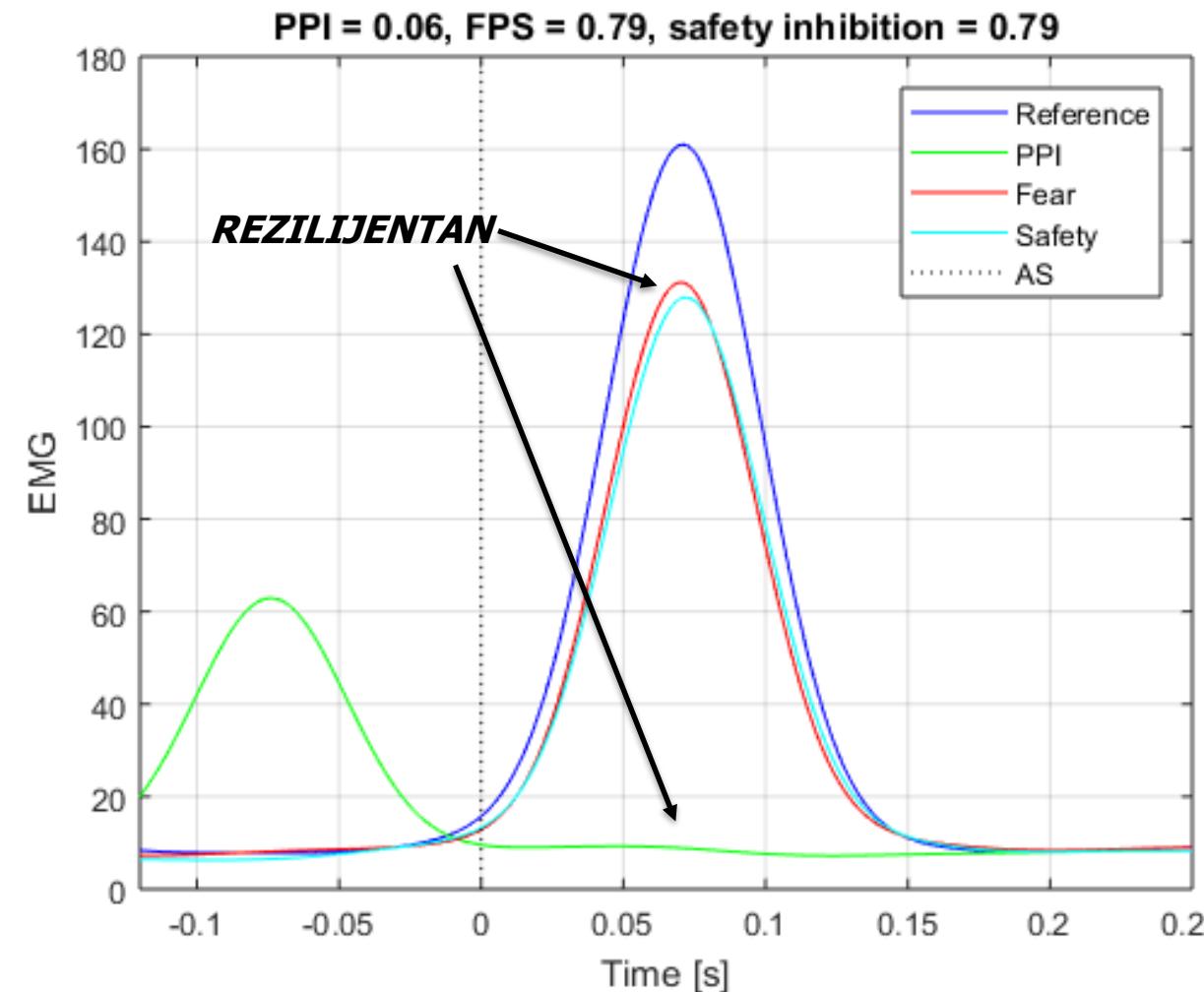
- Startle related phenomena and startle modulation
 - habituation
 - prepulse inhibition
 - fear potentiated startle
 - dark-enhanced startle



Primjeri nekih dosadašnjih rezultata... vidljive su modulacije AS odziva!



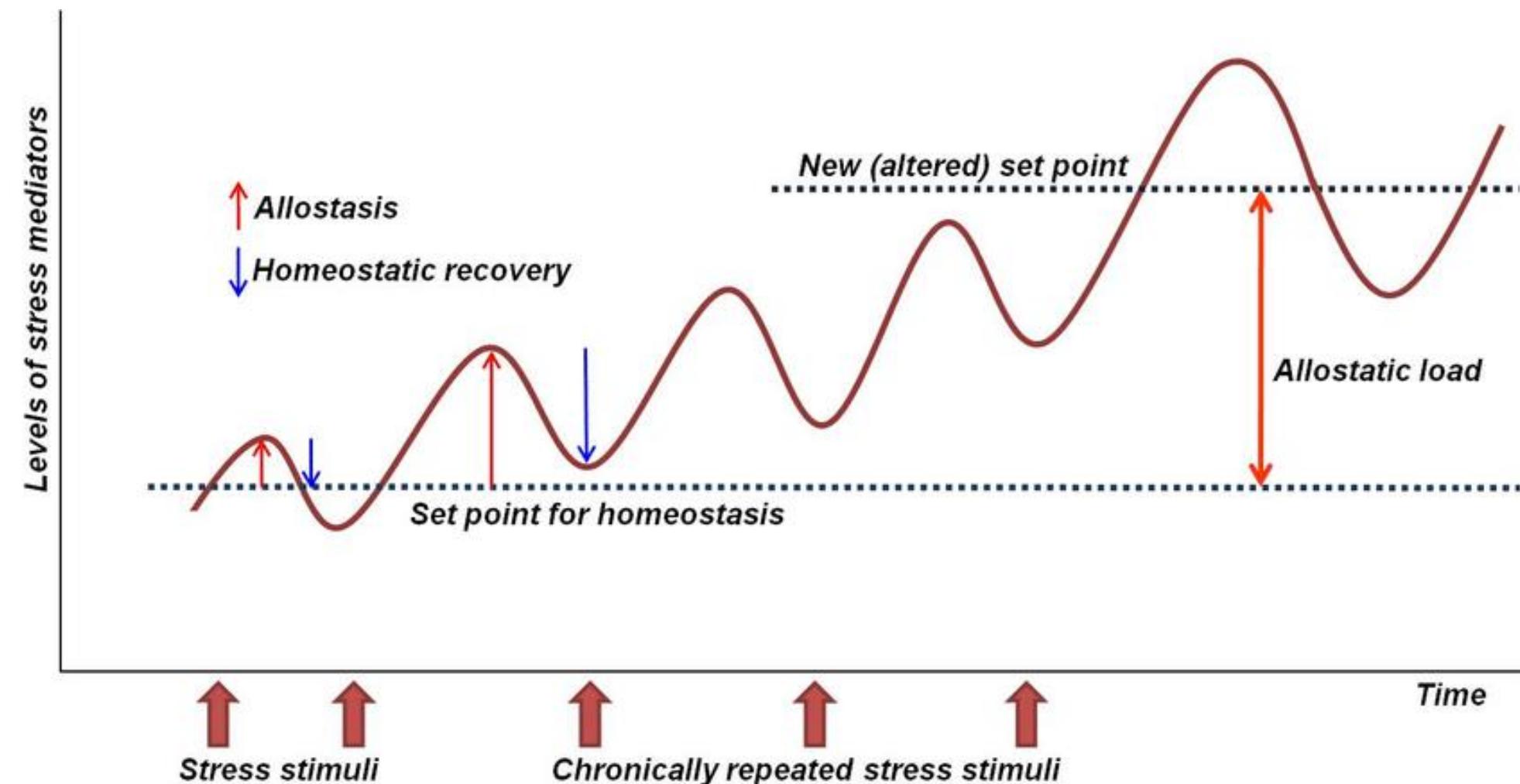
Primjeri nekih dosadašnjih rezultata... EMG based AS modulation assessment



- Usporedba dva ekstrema: ispitanik s najpovoljnijom mjerom PPI inhibicije i ispitanik s najnepovoljnijom mjerom PPI inhibicije

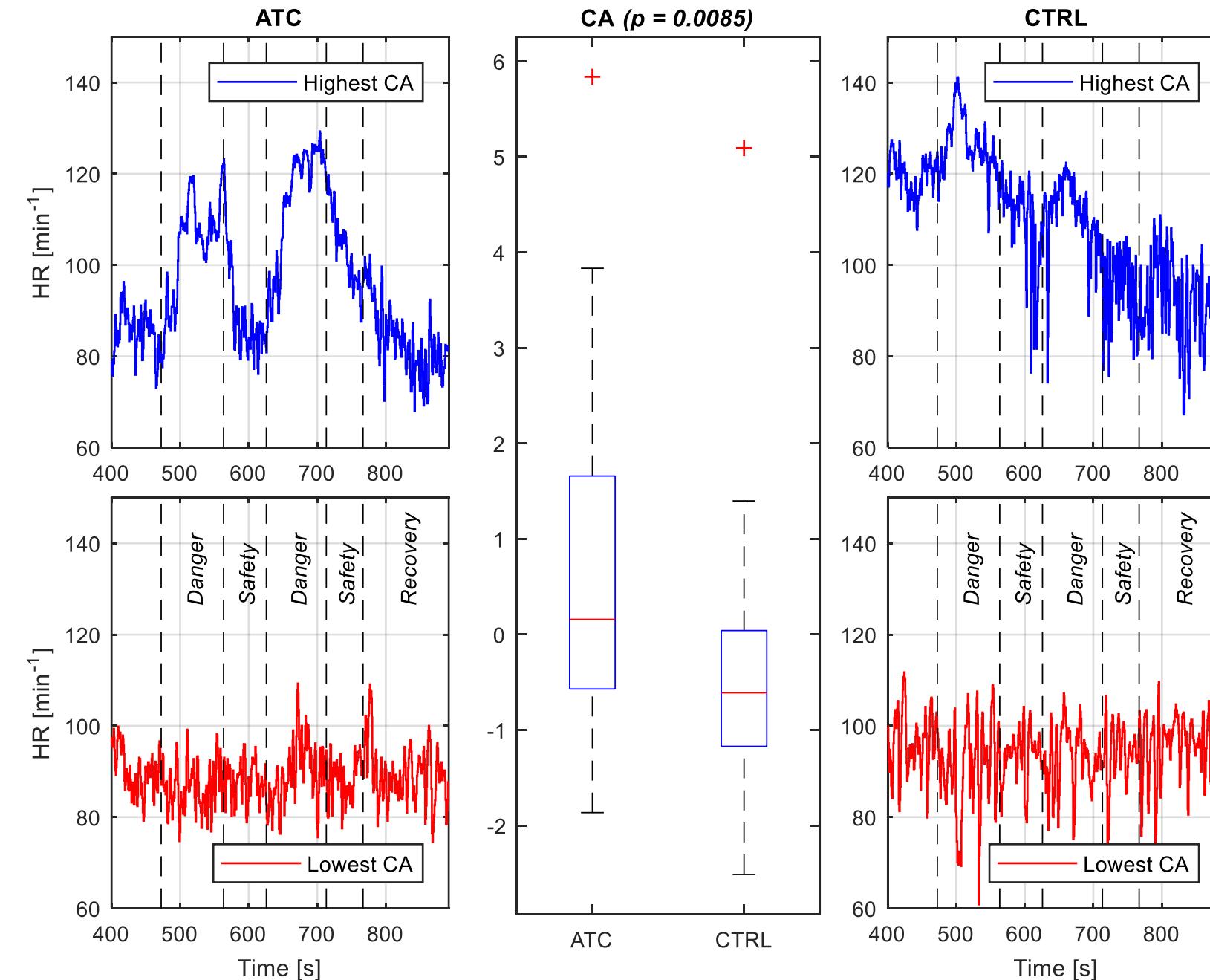
Analiza - *allostasis*

- **Alostatski odziv** (engl. *allostasis*, *allostatic response*) je proces kompleksne fiziološke prilagodbe ljudskog organizma na nekakav unutarnji ili vanjski poremećaj, kao što je stres
- **Alostatsko opterećenje** (engl. *allostatic load*) predstavlja kumulativne negativne posljedice opetovanog izlaganja stresnim podražajima te neadekvatnog povlačenja medijatora allostatskih odziva



Analiza – *cardiac allostasis*

- Srčana reakcija na stres (*cardiac reactivity*) i oporavak (*cardiac recovery*)

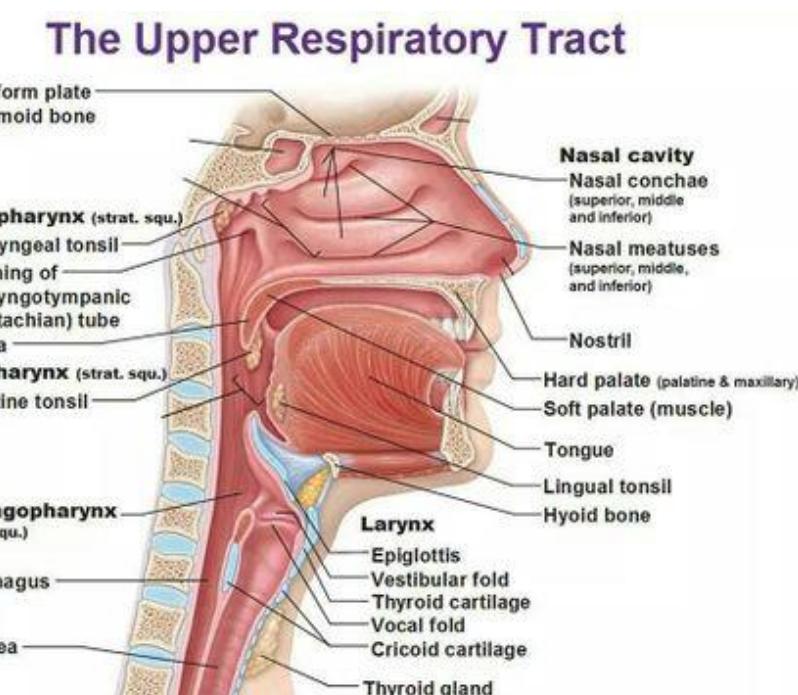


Zašto mjeriti glasovne značajke u predikciji funkcionalnog stanja

- Glas i govor, iako su načelno pod voljnom kontrolom, podložni su i nesvjesnom utjecaju stanja fiziologije tj. autonomnog živčanog sustava
- Proučavaju se fenomeni za koje je poznato da preko fiziologije utječu na glas, a povezani su procjenom stanja ispitanika
 - **Stres**
 - Centralan pri istraživanju funkcionalnog stanja
 - Istraživanje bazirano na simpatičkoj aktivaciji
 - **Umor**
 - Lako se uklapa u definiciju funkcionalnog stanja s obzirom na rekuperaciju
 - **Kognitivno opterećenje**
 - Slično istraživanju stresa, no stres je specifično vezan za zadatke koje ispitanik obavlja

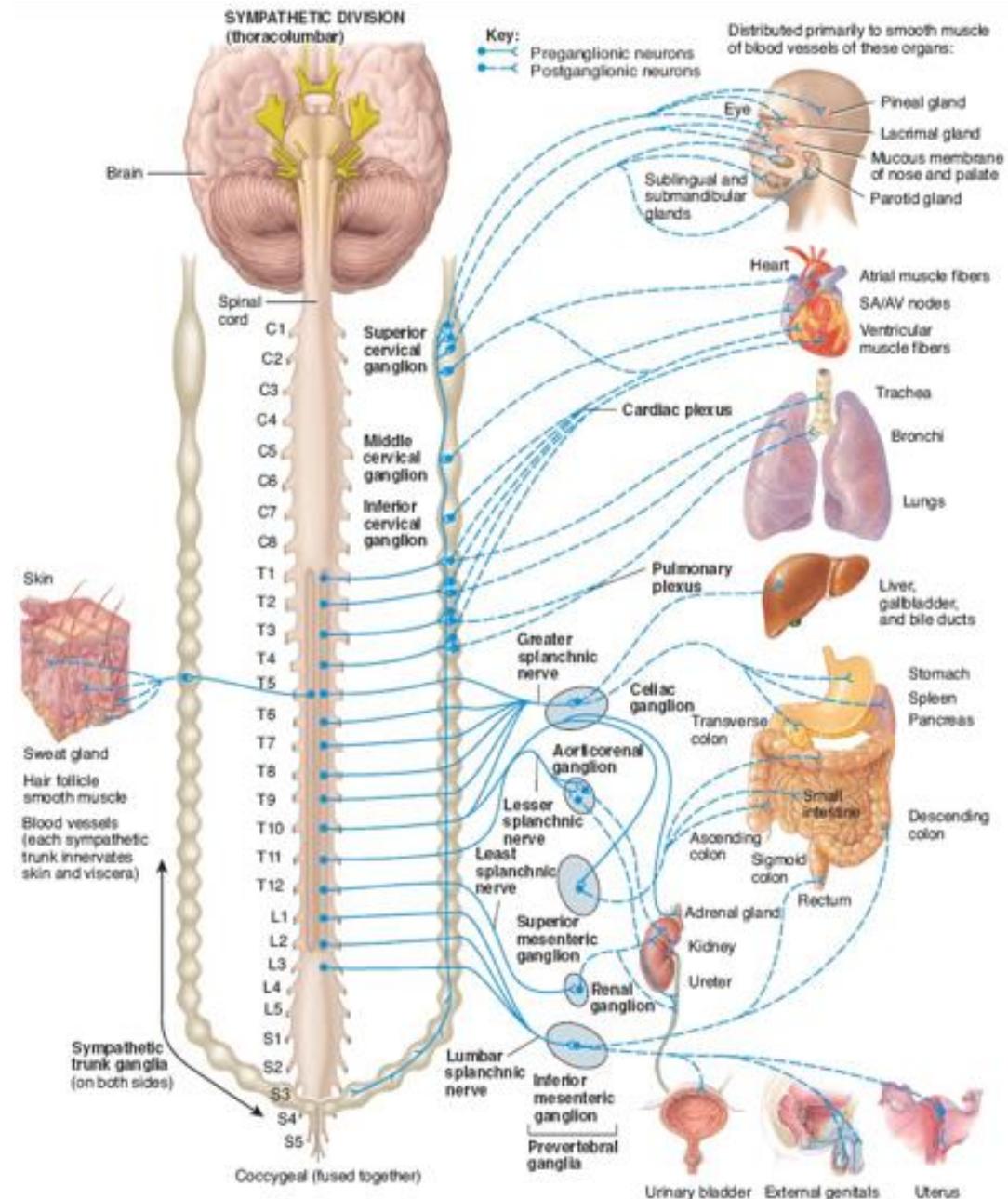
Zašto glas?

- Jednostavnije i jeftinije prikupljanje podataka (potreban je samo mikrofon)
- Podatci se inherentno već sadržani u brojnim zanimanjima od značaja
- Jako velika količina podataka

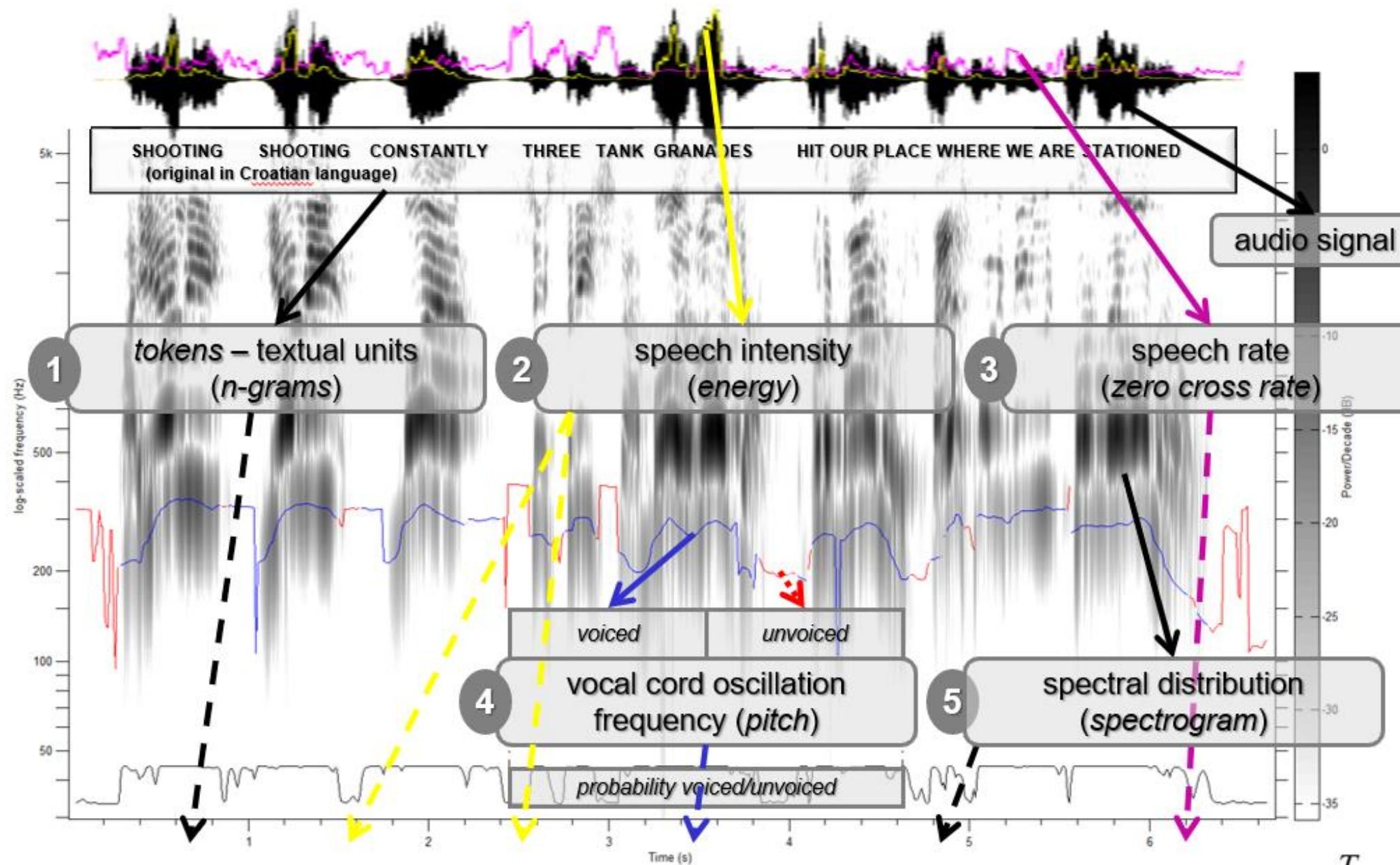


Analiza ljudskog govora

- Kako to da analiziramo glas?
 - Glas je neposredno (preko fiziologije) povezan s nizom kognitivno-emocionalnih stanja
 - $\Delta K-E$ stanje $\rightarrow \Delta$ Fiziologija $\rightarrow \Delta$ Glas
 - Pristup analizi je sličan kao i kod fiziologije
- Izazovi:
 - Dizajn, odabir i sinteza značajki
 - Može ih biti jako puno!
 - Prikupljanje i anotacija podataka



Značajke ljudskog govora



$$\mathbf{x} = [F_{T,kw_vec}, \dots, F_{E,mean}, F_{E,std}, \dots, F_{P,jitt}, \dots, F_{S,F1_bw_mean}, \dots, F_{ZCR,mean}, \dots]^T$$

Voice – a wealth of information

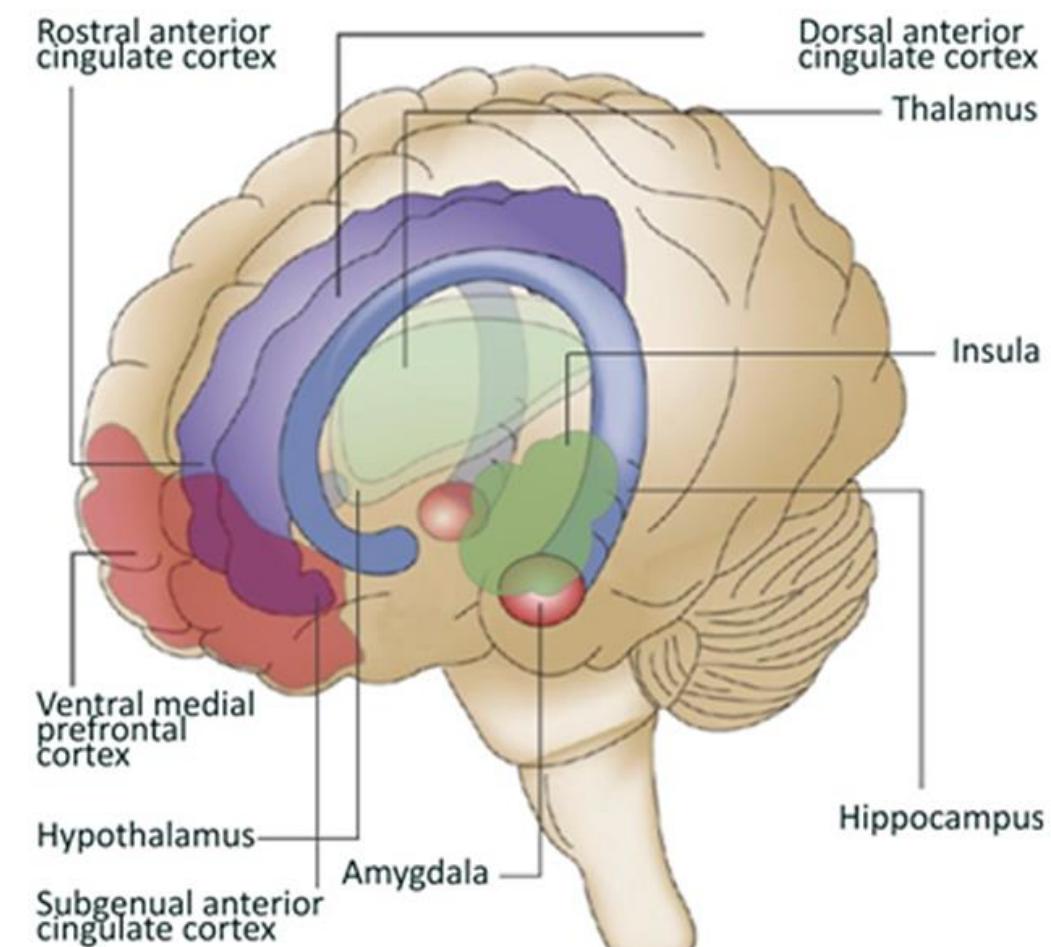
Challenges	Some of the tasks
Interspeech 2010	Gender & Age
Interspeech 2011	Intoxication; Sleepiness
Interspeech 2013	Autism (4-level DSM diagnostic)
Interspeech 2014	Cognitive & Physical Load
Interspeech 2015	Parkinsons
Interspeech 2016	Deception & Sincerity
Interspeech 2017	Cold & Snoring
Interspeech 2018	Atypical & Self-Assessed Affect
Interspeech 2019	Dialects; Continuous Sleepiness Estimation
Interspeech 2020	Elderly Emotion, Breathing & Masks
Interspeech 2021	States and Traits, Diagnosis of Covid-19

Mjere aktivnosti središnjeg živčanog sustava

fMRI, fNIRS, EEG

Kako stres utječe na mozak?

- **Stres nije nužno loš!**
 - može biti izvor dodatne energije i fokusiranosti
- Kontinuirani (kronični) stres mijenja mozak
 - njegovu veličinu, strukturu i funkcionalnost
- Velike količine kortizola
 - utječu na amigdalu, hipokampus i sinaptičke veze



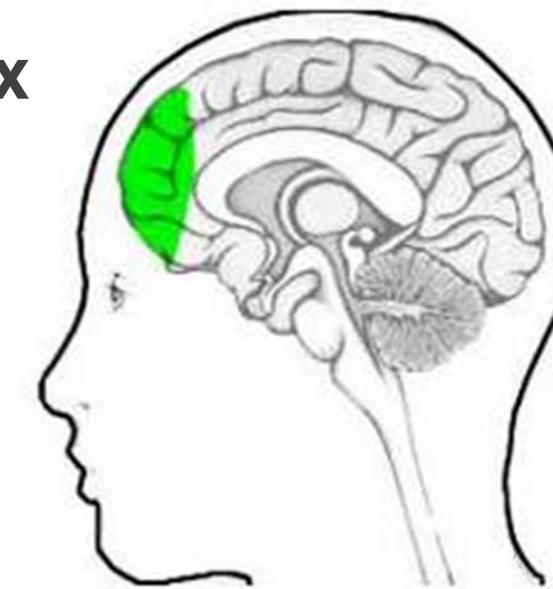
Importance of Brain Imaging Measurement in Pilot/ATC Selection Process

- Relevant cognitive/sensory attributes required for high performance levels at cockpit/radar workstations are [1]:
 - Spatial scanning,
 - Movement detection,
 - Image and pattern recognition,
 - Prioritizing,
 - Visual and verbal filtering,
 - Coding and decoding,
 - Inductive and deductive reasoning,
 - Short- and long-term memory,
 - Mathematic and probabilistic reasoning



Planning complex cognitive behavior, decision making, working memory:

PREFRONTAL CORTEX



Kognitivno opterećenje

- Kognitivno opterećenje je opterećenje kognitivnog sustava tijekom izvedbe određenog zadatka [1]
- Različiti faktori utječu na kognitivno opterećenje:
 - Težina zadataka
 - Razina stručnosti osobe koja izvodi zadatak
 - Dob
- Kognitivno opterećenje može se mjeriti:
 - Performancama na zadatacima (npr. točnost i vrijeme odgovora na zadatak)
 - Subjektivnim mjerama iskaza (npr. NASA TLX, Instantaneous Self Assessment – ISA) prikupljenim tijekom i nakon izvođenja zadataka [2,3]
 - Neurofiziološkim mjerama prikupljenima tijekom izvođenja zadataka [4]
 - Kako anotirati zadatke?
 - Kombinacijom navedenih mjera [5]

[1] Paas, F. G., & Van Merriënboer, J. J. (1994). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational psychology review*, 6(4), 351-371.

[2] Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In *Advances in psychology* (Vol. 52, pp. 139-183). North-Holland.

[3] Jordan, C. S., & Brennan, S. D. (1992). Instantaneous self-assessment of workload technique (ISA). Defence Research Agency, Portsmouth.

[4] Ćosić, K., Popović, S., Šarlija, M., Mijić, I., Kokot, M., Kesedžić, I., ... & Zhang, Q. (2019). New Tools and Methods in Selection of Air Traffic Controllers Based on Multimodal Psychophysiological Measurements. *IEEE Access*, 7, 174873-174888.

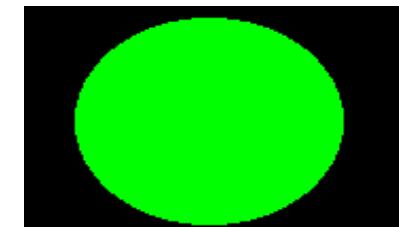
[5] Aricò, P., Reynal, M., Di Flumeri, G., Borghini, G., Sciaraffa, N., Imbert, J. P., ... & Betti, V. (2019). How neurophysiological measures can be used to enhance the evaluation of remote tower solutions. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13.

Ilustracije generičkih računalnih testova za kognitivne funkcije

- *Simple reaction time test*

- psihomotorička brzina
 - što prije treba pritisnuti tipku na tipkovnici svaki puta kada se pojavi krug na ekranu

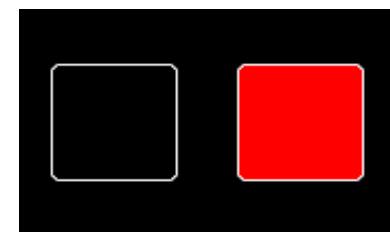
Simple Reaction Time test



- *Go/no-go test*

- psihomotorička brzina + inhibicija reakcije
 - što prije treba pritisnuti tipku na tipkovnici svaki puta kada se pojavi zeleni kvadrat, a ne smije se pritisnuti tipka na pojavu crvenog kvadrata

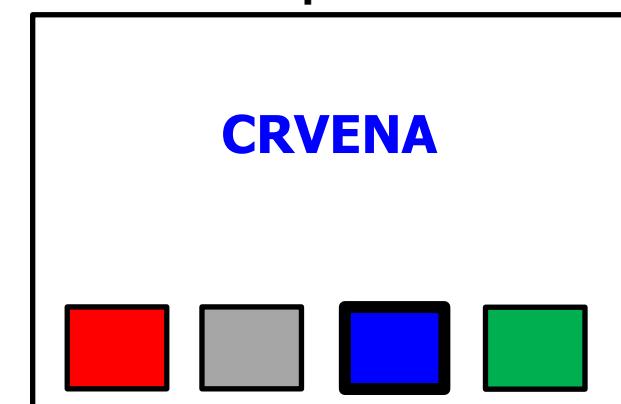
Go/No-Go test



- *Stroopov test*

- inhibicija kognitivne interferencije
 - svaki puta kada se na ekranu pojavi napisana riječ, odgovoriti kojom bojom je riječ napisana

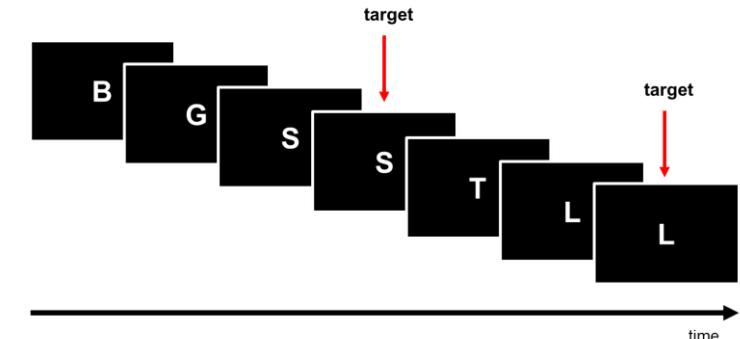
Stroopov test



- *N-back test ($N = 1$ ili 2 ili 3 , ...)*

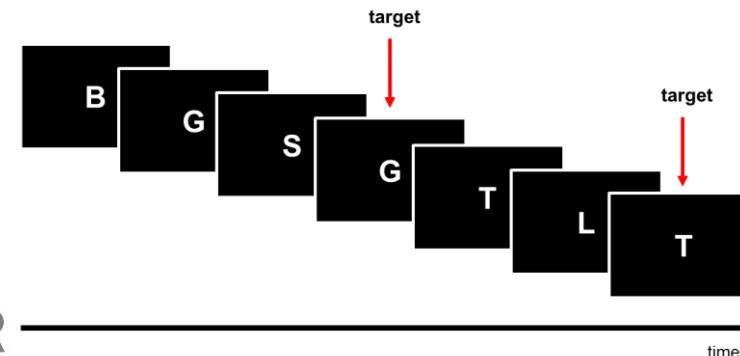
- radna memorija

1-back task



N-back test

2-back task



Tehnike oslikavanja mozga

- Magnetska rezonancija (engl. *magnetic resonance imaging* – MRI)
 - strukturni MRI
 - funkcionalni MRI (fMRI)
- Elektroencefalografija (engl. *electroencephalography*, EEG)
- Funkcionalna blisko-infracrvena spektroskopija (engl. *functional near-infrared spectroscopy*, fNIRS)



MRI
Siemens
Magnetom
Prisma

EEG
BIOPAC
CAP100C



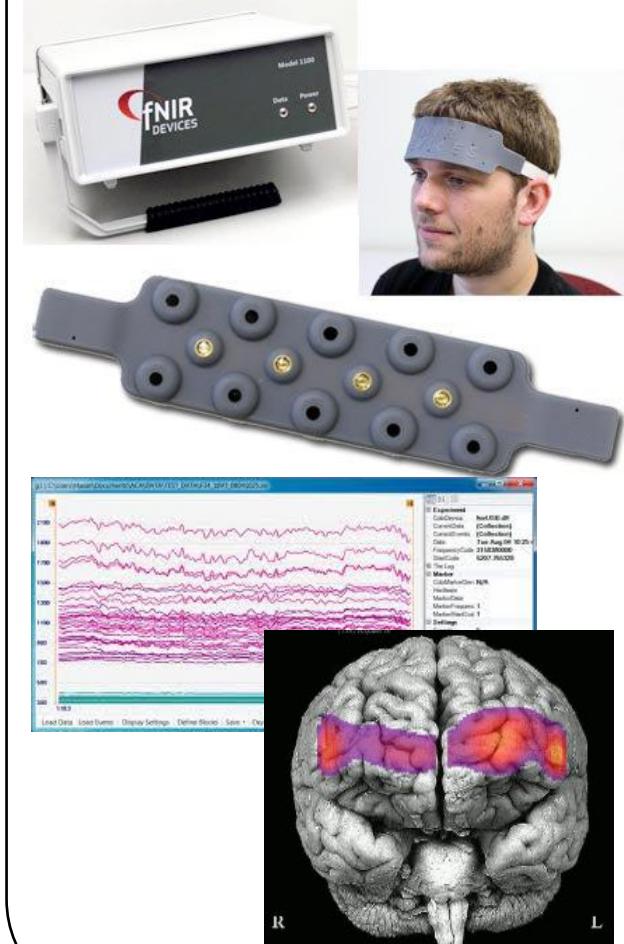
fNIRS
BIOPAC
fNIR 100B

Tehnike oslikavanja mozga

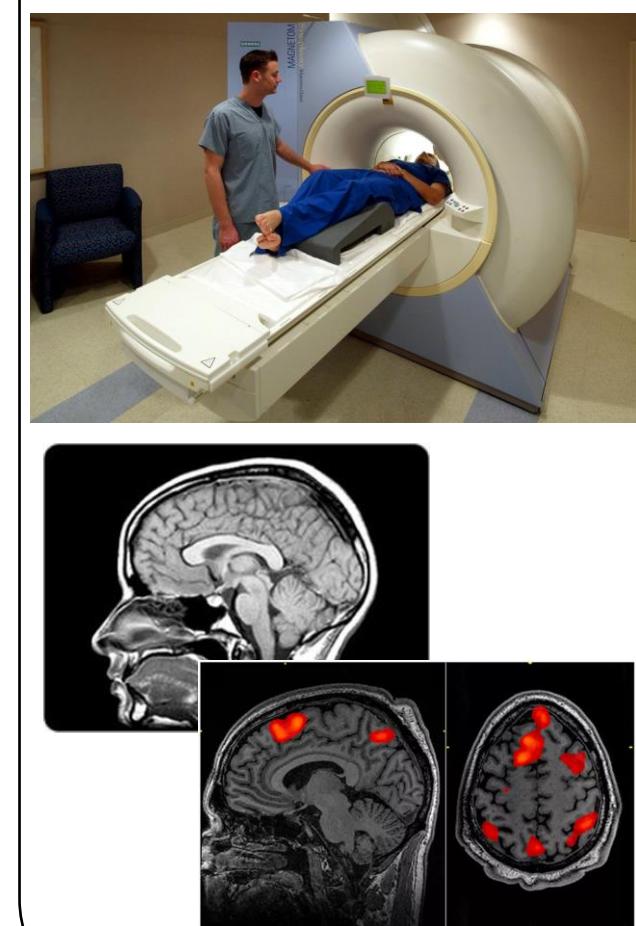
EEG



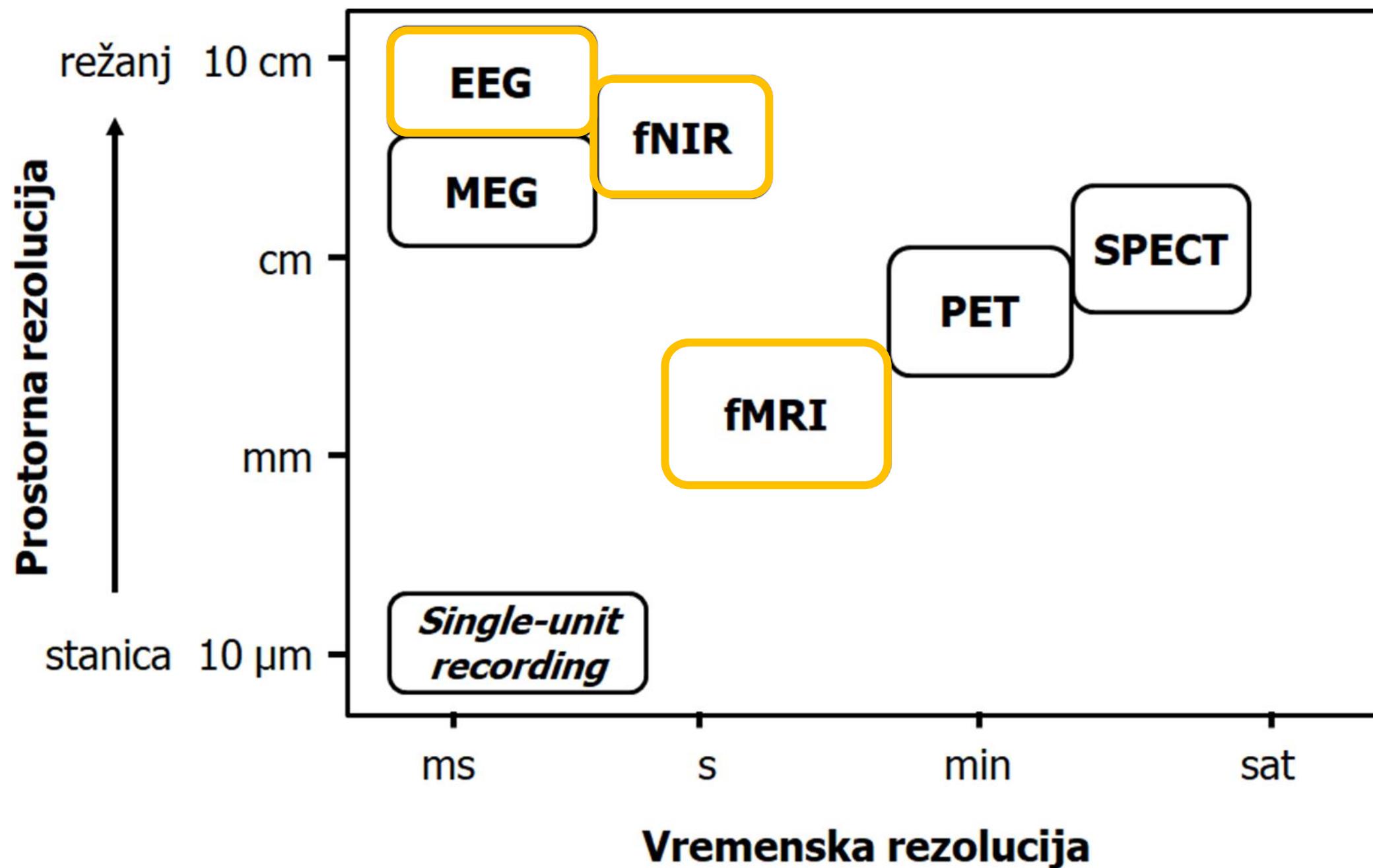
fNIRS



MRI/fMRI



Prostorno-vremenska rezolucija tehnika oslikavanja mozga

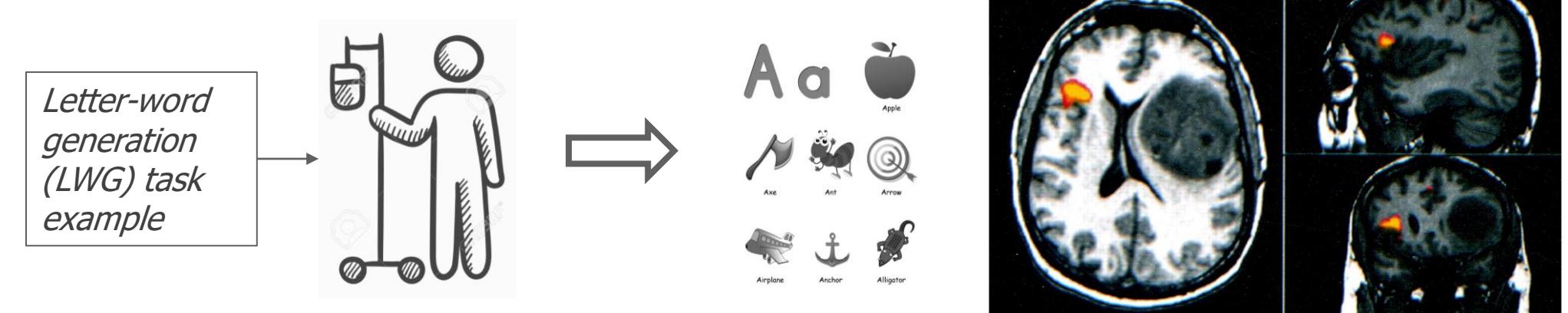


Značajke mozga

- MRI:
 - veličina i oblik struktura u mozgu
 - fMRI:
 - blood-oxygen-level dependent (BOLD) signal
 - povezanost među regijama mozga
 - EEG:
 - evocirani potencijali
 - fNIRS:
 - zasićenost krvi kisikom
- Model of Amygdala Growth in ASD**
-
- BOLD signal amigdala**
-
- fNIRS Brain Activity Network**
-

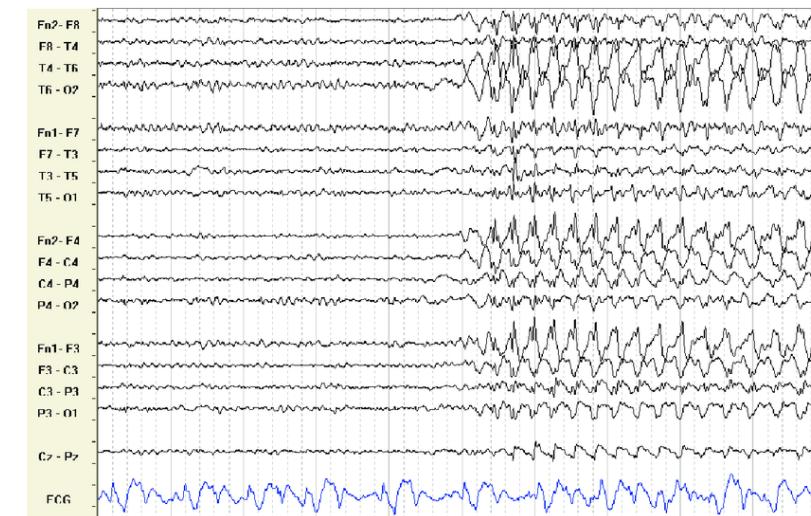
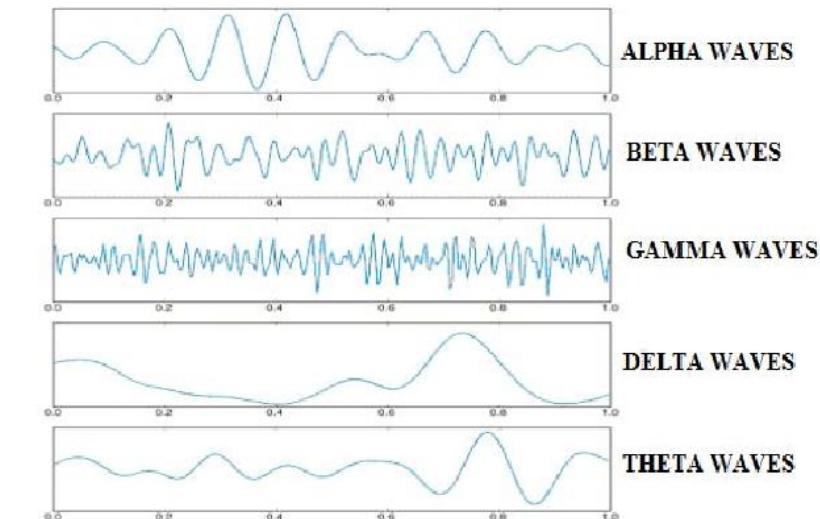
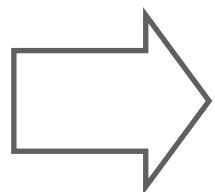
fMRI

- Neinvazivna tehnika koja prati promjene povezane s protokom krvi u mozgu
 - bazirano na pretpostavci da se prokrvljenost povećava u trenucima povećane aktivacije pojedinog dijela mozga
- Prednosti:
 - neinvazivan
 - dobra prostorna rezolucija
 - moguća su snimanja cijelog mozga
- Nedostatci:
 - niska vremenska rezolucija
 - nije prenosiv
 - nisu moguća snimanja na terenu
 - visoka cijena
 - uski prostor
 - visoka buka



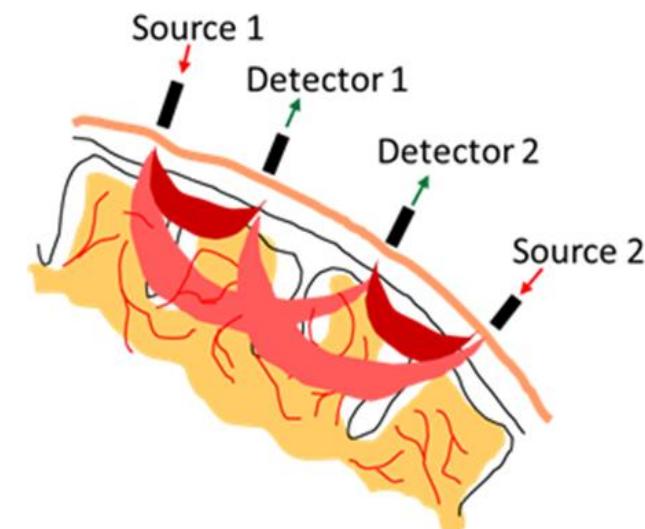
Elektroencefalografija

- Snimanje električne aktivnosti mozga
- Složena tehnika mjeranja moždane aktivnosti

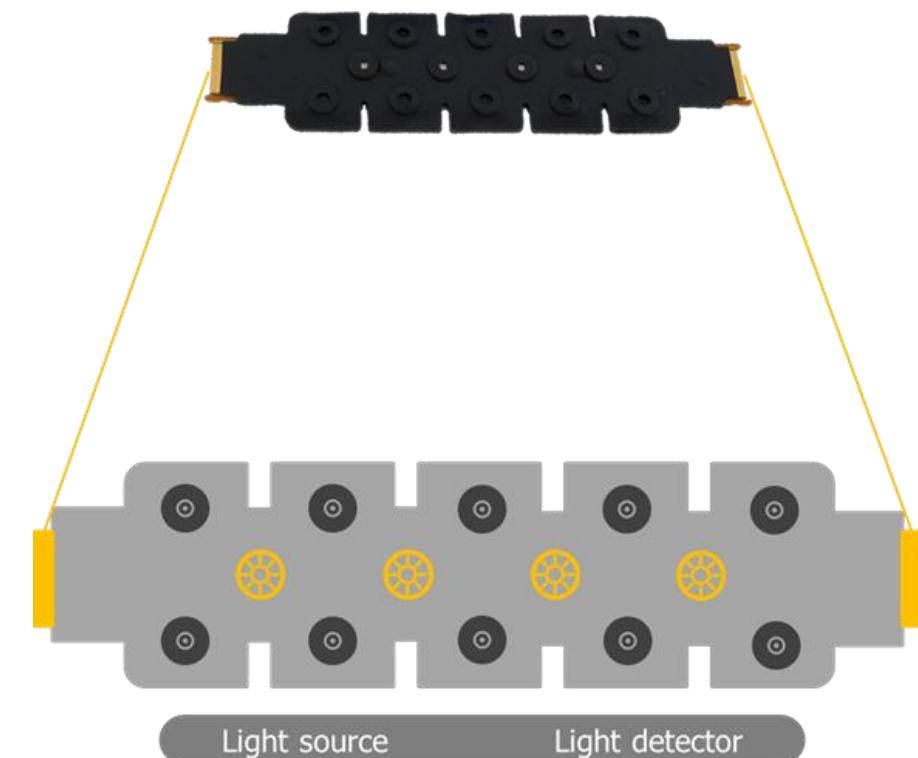


fNIRS

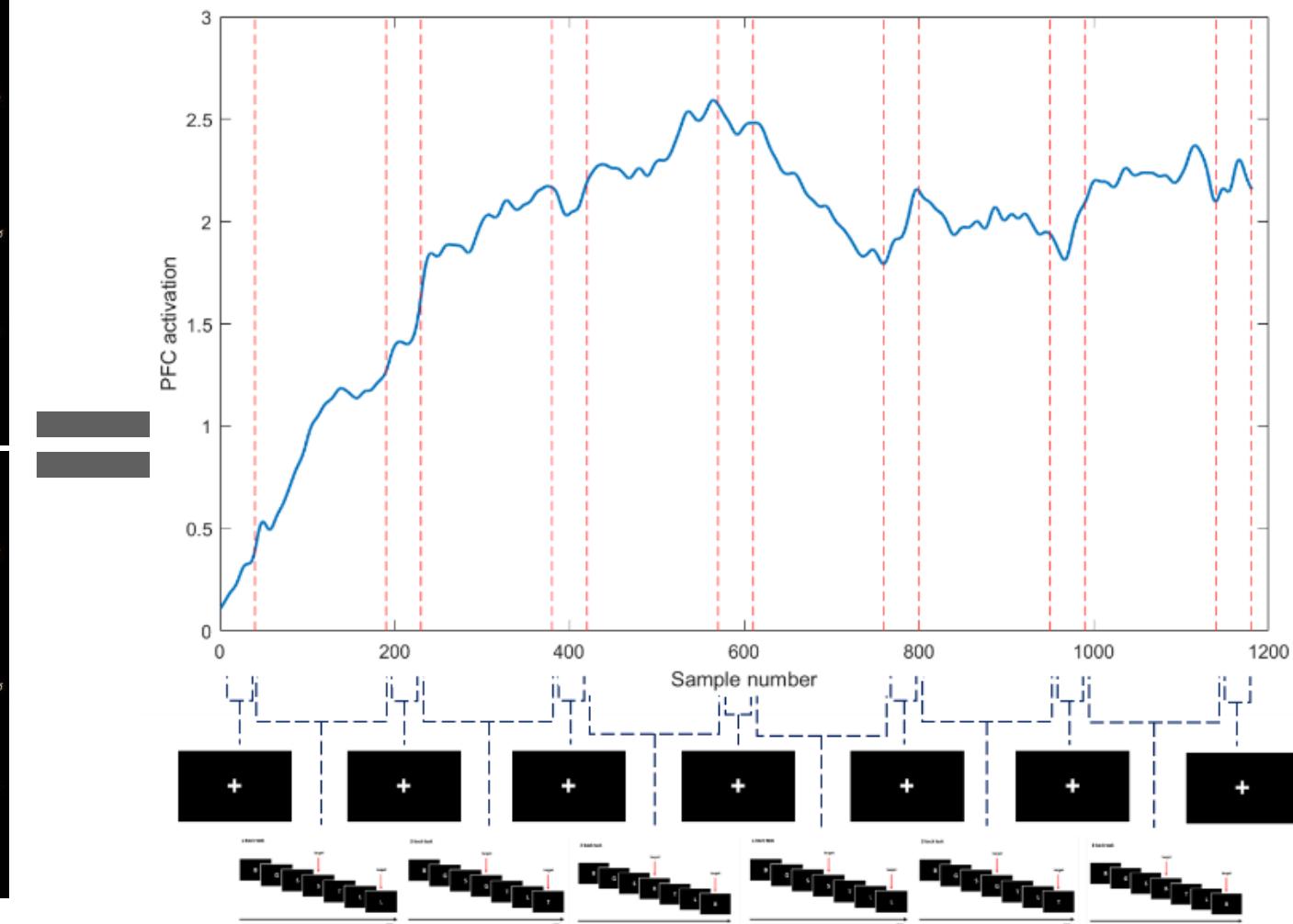
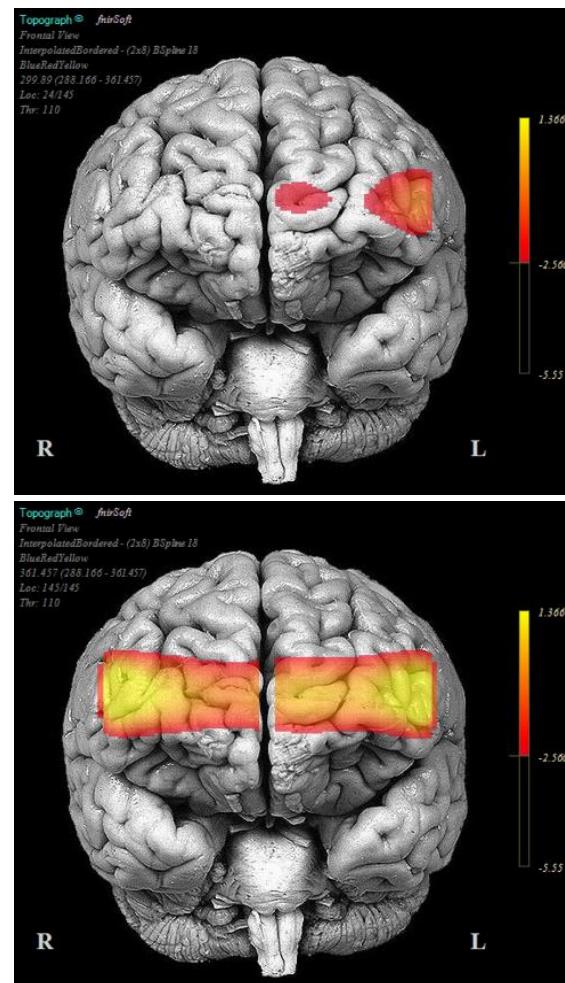
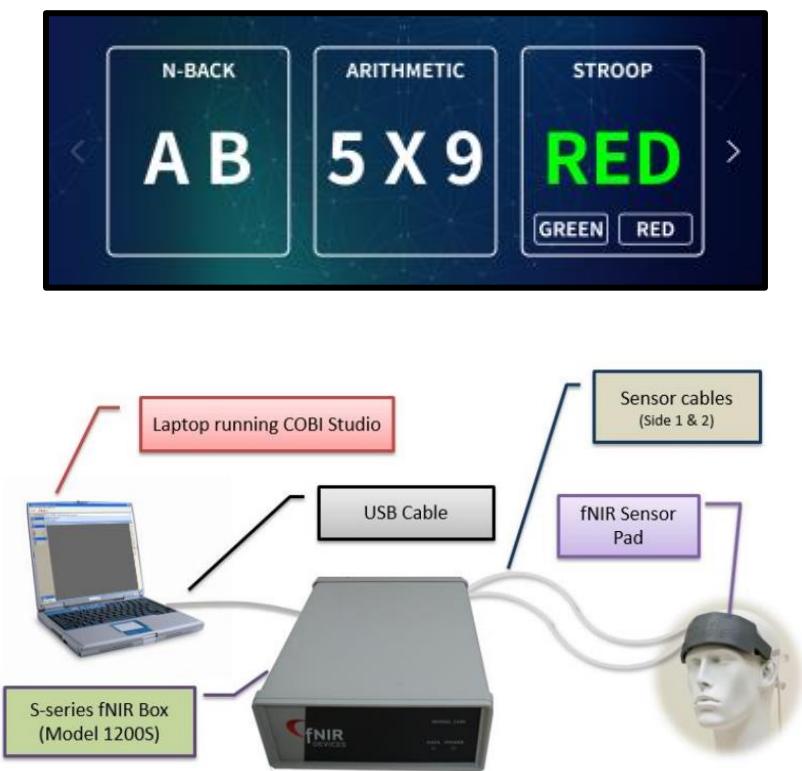
- Neinvazivna tehnika oslikavanja mozga
 - omogućuje praćenje prokrvljenosti prefrontalnog kortexa
 - mjerjenje radne memorije, pažnje, rješavanja problema, odlučivanja
- Odziv mozga na pobudu
 - 2-6 sekundi
- Prednosti:
 - prenosiv, moguća snimanja na terenu
 - neinvazivan
 - pristupačna cijena
 - jednostavan za korištenje
- Nedostatci:
 - ograničenja s kosom ispitanika, moguća su snimanja samo na čeonom dijelu
 - ograničenja s regijama mozga koje se mogu promatrati
 - nepostojanje informacija o strukturama promatranih regija



fNIRS control box and sensor in Laboratory for Interactive Simulation Systems



fNIRS



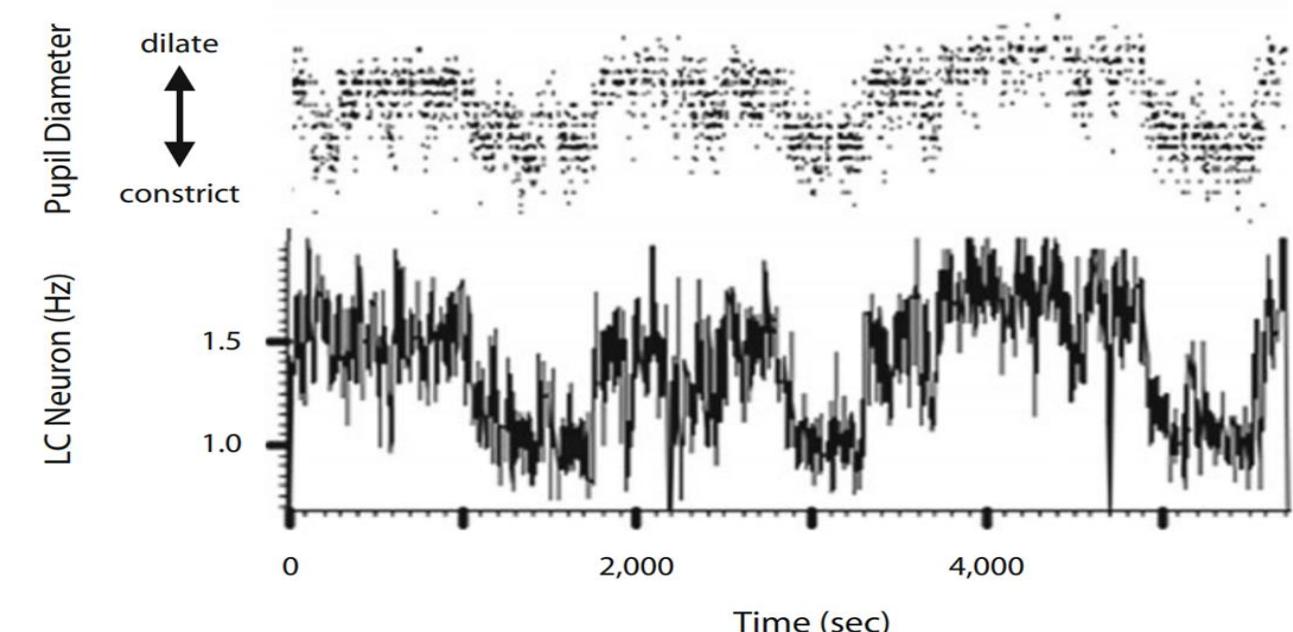
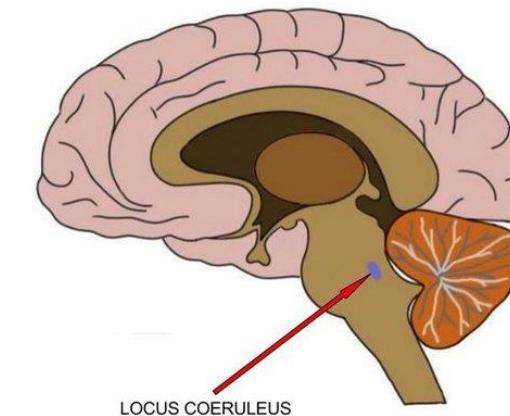
Okulometrija

Praćenje aktivnosti očiju

Zašto mjeriti okulometrijske značajke

- Zjenica reflektira aktivnost autonomnog živčanog sustava (ANS), a ona je izravno povezana sa stresom (*Locus Coeruleus Nucleus*, LC)
 - Povećavanje (engl. dilation) kao posljedica raznih oblika mentalnog napora i/ili psihološkog stresa
 - Smanjivanje (engl. constriction) – vraćanje u prijašnje stanje

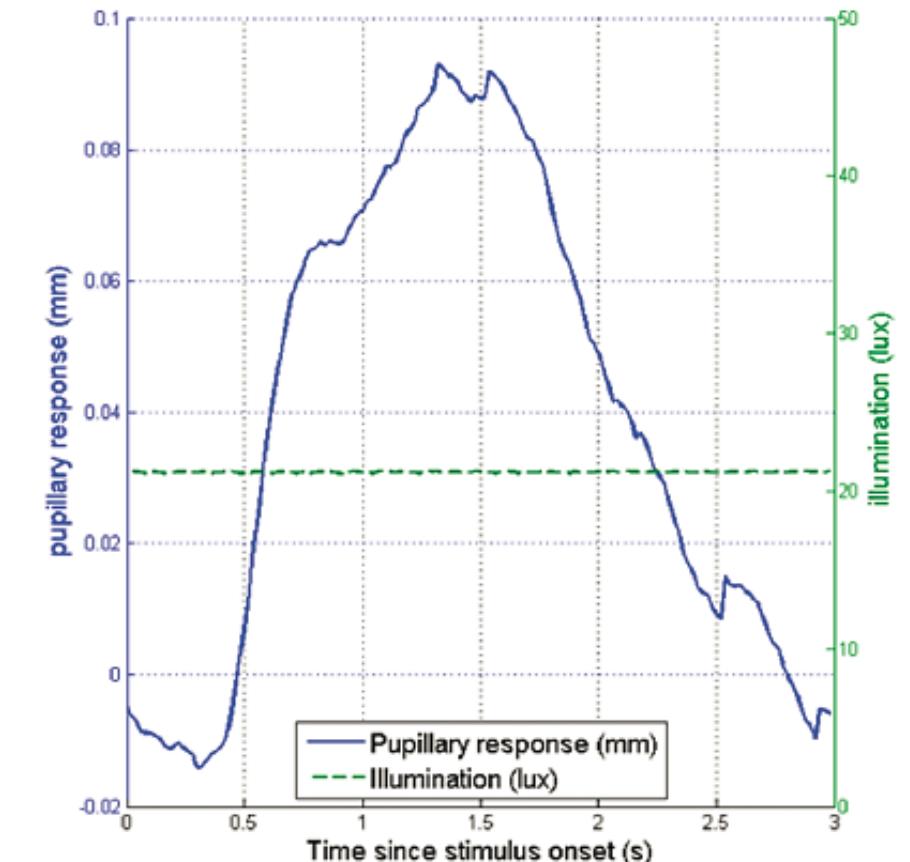
	Contraction	Dilation
Nervous system	Parasympathetic	Sympathetic
Light reflex	Increased light	Decreased light
Physiological	Accommodation	Flight-or-fight
Diseases	Miosis	Mydriasis



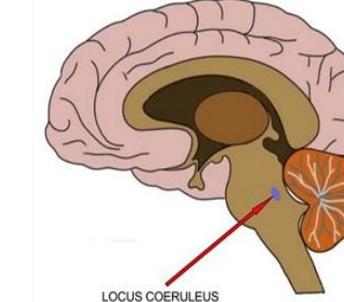
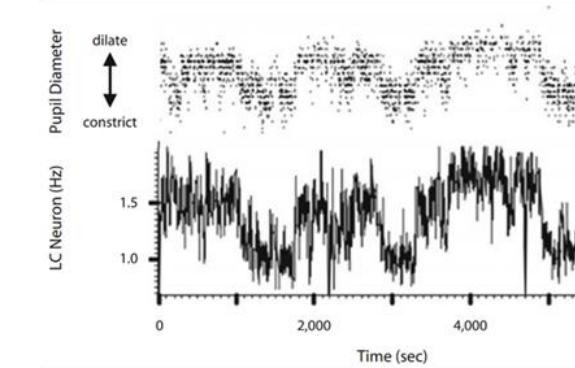
Promjer zjenice (*pupil diameter*)

- Automatic reaction to cognitive load, stress (flight-or-fight), prediction error
 - Greater the cognitive load, more pronounced dilation of the pupil - dilation is present during entire cognitive load duration
 - Flight-or-fight reaction - dilation allows for more light to enter the eye and temporarily improves eyesight
- New studies show that it is possible that both effects are result of same reaction
 - Higher the cognitive load, it is more difficult to predict the accuracy of their own performance
 - Studies have shown similar reaction opposite cases (low cognitive load + wrong answer, high cognitive load + correct answer)
- Pupil reaction to stress can be measured as dilation of pupil 0.5 - 1 second after stimulus
- Dynamics of pupil are measured in time windows of 2-6 seconds

Zjenica reagira na akustičke *startle* stimulacije, koje su važne za proučavanje rezilijentnosti/vulnerabilnosti na stres

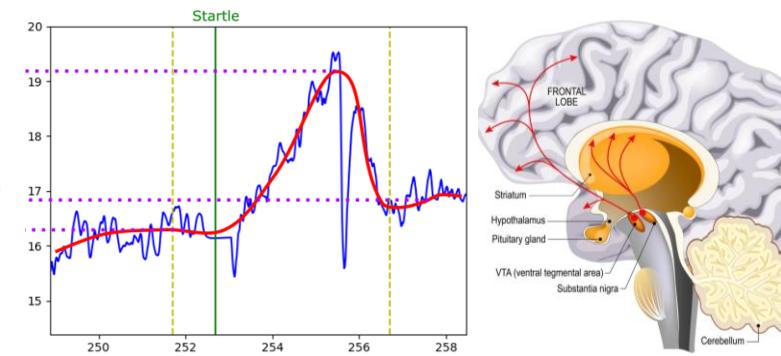


Dilatacija zjenice



Mjera mentalnog napora,
uzbuđenosti te negativnih
emocija

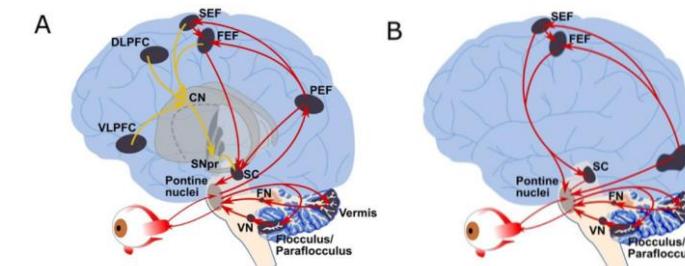
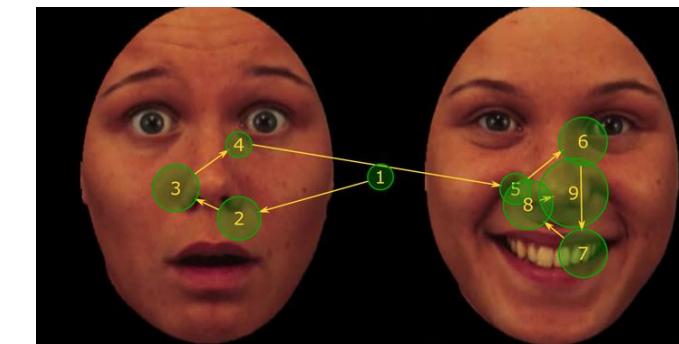
Stopa spontanog treptanja



Povećanjem dopamina povećava se
stopa spontanog treptanja

Mogućnost neinvazivnog
praćenja dopaminergičke aktivnosti

Sakade i pažnja



Promatranje sakada kod voljnog
i refleksnog pomicanja očiju

Praćenje pažnje ispitanika, umora,
utjecaja lijekova i različitih
psihopatoloških stanja

Oculometric features as a contribution to Pilot/ATC selection process

- Pupil dynamic responses to stressful stimuli
- Eye movement baseline features and changes over time:
 - Speed & acceleration
 - Fixation point features
 - Saccadic features
- Visual search features:
 - Object tracking strategy
 - Object searching strategy
 - Peripheral vision angle
 - Cognitive performance in visual tasks

