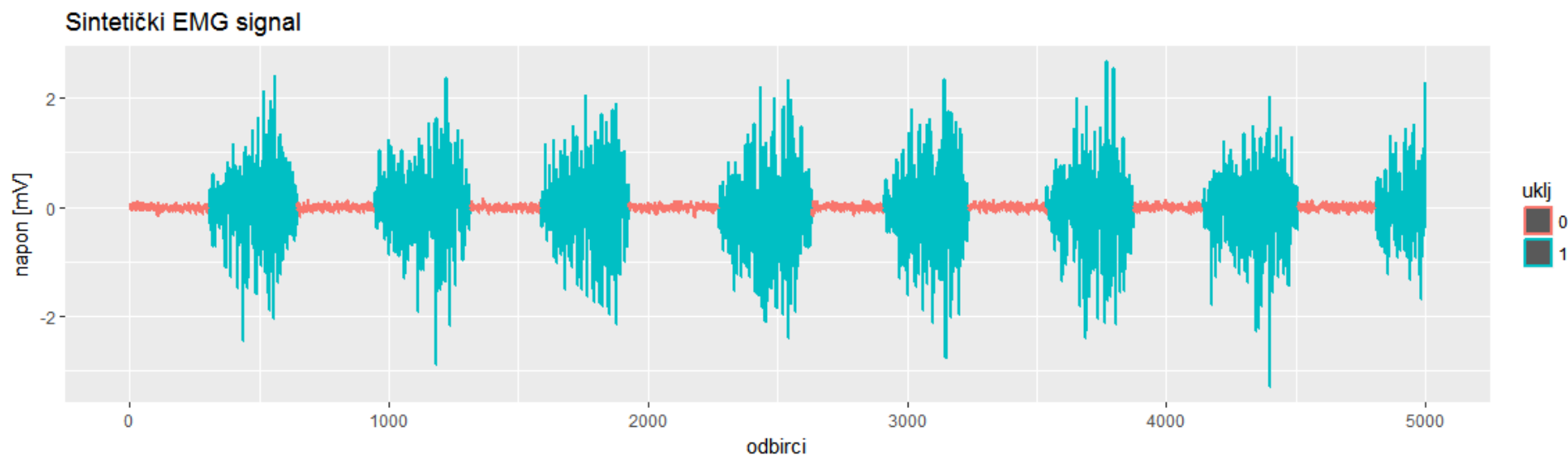


Tehnike obrade biomedicinskih signala 13M051TOBS



Dr Nadica Miljković, vanredna profesorka
kabinet 68, nadica.miljkovic@etf.bg.ac.rs

Generisanje (pseudo)slučajnih brojeva

- Funkcije koje su dostupne u R-u za generisanje (pseudo)slučajnih brojeva i raspodela (izlistane su samo funkcije koje se odnose na normalnu/Gausovu raspodelu):
 - *rnorm()*: generiše (pseudo)slučajne brojeve za zadatu srednju vrednost i standardnu devijaciju*
 - *dnorm()*
 - *pnorm()*
 - *qnorm()*
- Ima ih četiri i počinju sa:
 - d: *density* (*dnorm()*, *dpois()*,)
 - r: *(pseudo)random number generator*
 - p: *cumulative distribution*
 - q: *quantile function*

* Podrazumevane vrednosti su srednja vrednost (eng. *mean*) = 0 i sd (standardna devijacija) = 1.

Primer

```
> x <- rnorm(10)
> x
[1] -1.09419387  0.86878151  0.23549680  0.04555135 -0.99445818 -1.17320023 -0.97474439  0.02362873
[9] -0.27015097  1.28096737
> summary(x)
   Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
-1.1730 -0.9895 -0.1233 -0.2052  0.1880  1.2810
> y <- rnorm(10, 5, 0.1)
> y
[1] 4.843563 4.905153 5.026673 5.014668 4.775938 5.018091 4.939496 5.008427 5.071281 4.873500
> summary(y)
   Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
 4.776  4.881  4.974  4.948  5.017  5.071
> |
```

- Na slici je dat primer generisanja (pseudo)slučajnih brojeva koji imaju Gausovu raspodelu
- Čemu služi funkcija *summary()*?

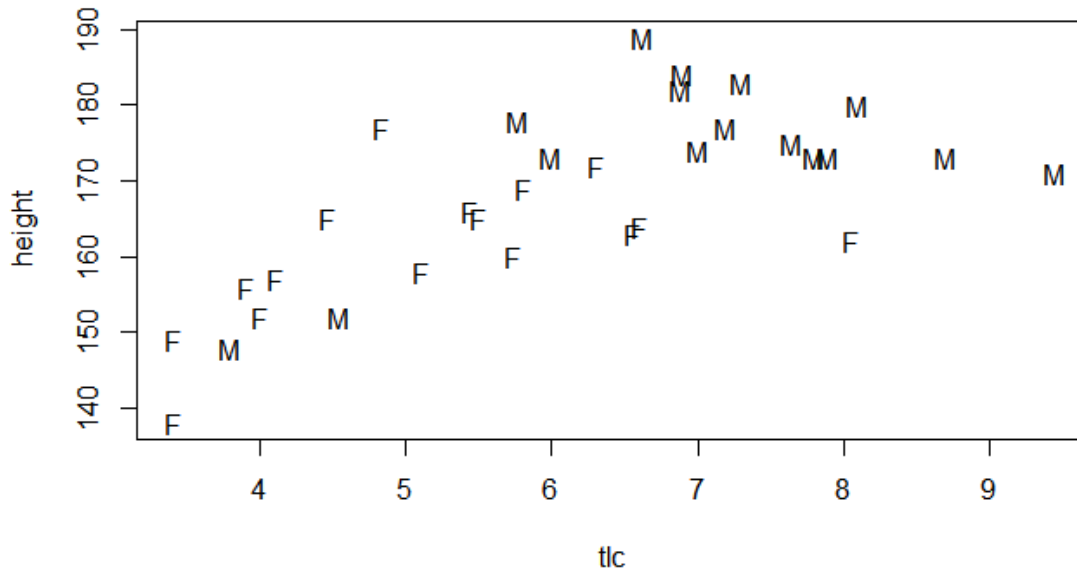
set.seed() funkcija

```
> set.seed(1)
> rnorm(3)
[1] -0.6264538  0.1836433 -0.8356286
> rnorm(3)
[1]  1.5952808  0.3295078 -0.8204684
> rnorm(3)
[1]  0.4874291  0.7383247  0.5757814
> set.seed(1)
> rnorm(3)
[1] -0.6264538  0.1836433 -0.8356286
> set.seed(2)
> rnorm(3)
[1] -0.8969145  0.1848492  1.5878453
> rnorm(3)
[1] -1.13037567 -0.08025176  0.13242028
> rnorm(3)
[1]  0.7079547 -0.2396980  1.9844739
> set.seed(1)
> rnorm(3)
[1] -0.6264538  0.1836433 -0.8356286
> set.seed(2)
> rnorm(3)
[1] -0.8969145  0.1848492  1.5878453
> |
```

ulazni argument je ceo broj (*integer*)

- Ako se generisani (pseudo)slučajni brojevi koriste za testiranje nekog softvera, onda je pogodno da ti (pseudo)slučajni brojevi budu generisani na isti, odnosno različit način. Ovo je vrlo važno za reproducibilnost koda!
- *Seed* omogućava ponovljivost generisanih brojeva i posebno je važan u fazi debugovanja.
- Šta je moguće simulirati sa Gausovom raspodelom u biomedicinskom inženjerstvu?

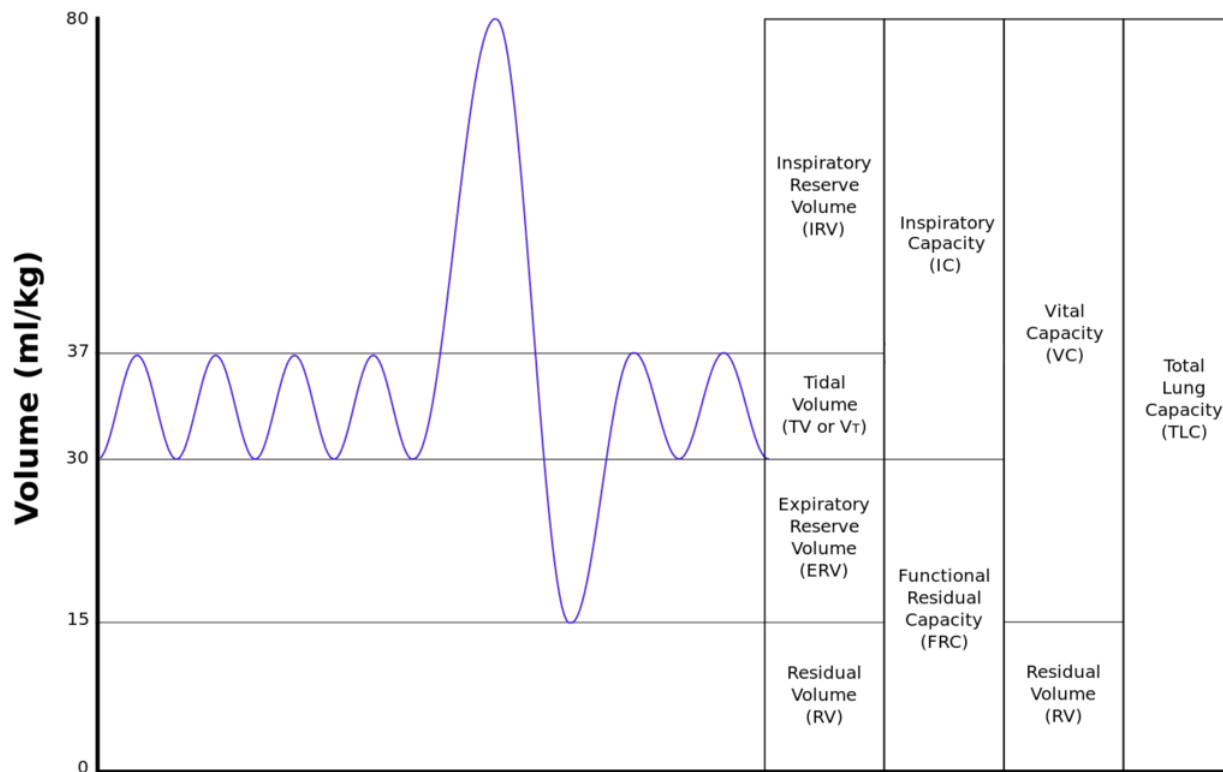
Linearni model



```
> dat <- tlc
> head(dat)
  age sex height  tlc
1  35   1   149 3.40
2  11   1   138 3.41
3  12   2   148 3.80
4  16   1   156 3.90
5  32   1   152 4.00
6  16   1   157 4.10
> plot(height~tlc,pch = ifelse(sex==1, "F", "M"), data = dat)
> cor(dat$height, dat$tlc)
[1] 0.695702
```

- U paketu ISwR (*Introductory Statistics with R*) se nalaze razni skupovi snimljenih podataka (<https://CRAN.R-project.org/package=ISwR>, pristupljeno 07.04.2024)
- Jedan skup podataka se odnosi na merenje ukupnog kapaciteta pluća (*tlc* skup podataka) koji sadrži merenja na 32 subjekta

O merenjima i skupu podataka



Slika By Kapwatt at English Wikipedia, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=74891988>.

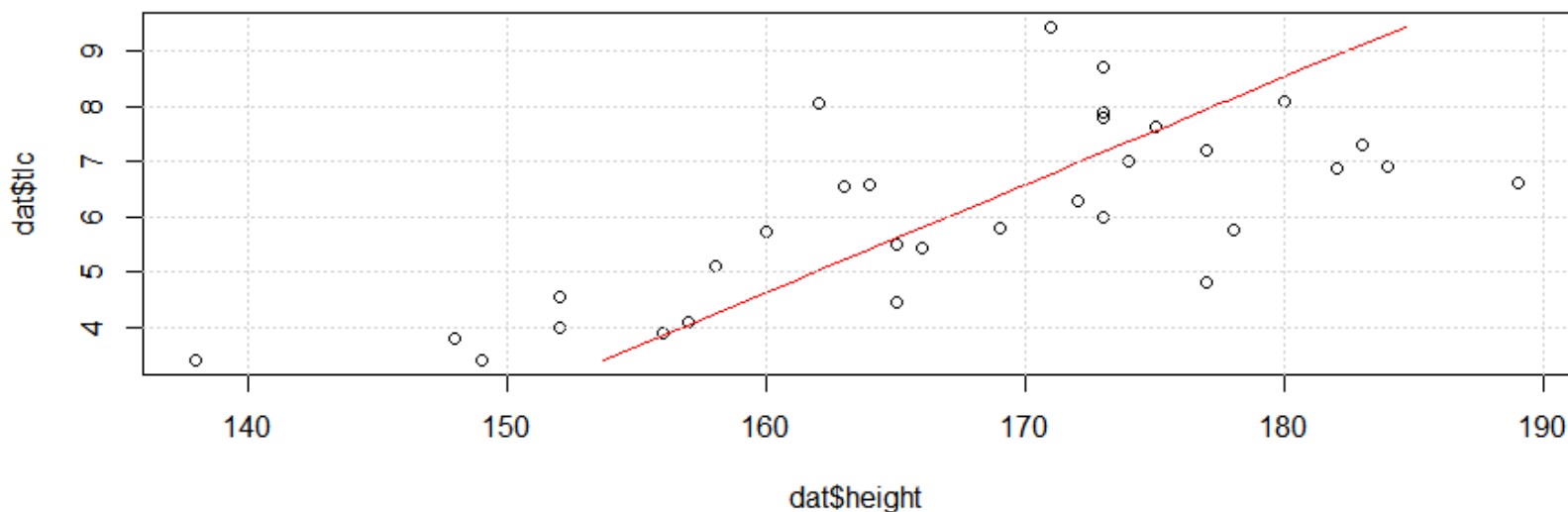
- Merena je ukupna zapremina pluća (eng. *total lung capacity*) kod osoba kojima je bila potrebna transplantacija srca i pluća (https://en.wikipedia.org/wiki/Heart%E2%80%93lung_transplant) tokom procedure *whole-body plethysmography*. Kompletna transplantacija srca i pluća je relativno kompleksna i retka. Procenjeno je da samo u SAD postoji oko 100 procedura transplantacije srca i pluća godišnje.
- Prosečna vrednost tlc kod zdravih muškaraca je 5.8 L, a kod zdravih žena je 4.2 L.

Da li postoji linearna zavisnost?

```
> lm(height~tlc, data = dat)

Call:
lm(formula = height ~ tlc, data = dat)

Coefficients:
(Intercept)      tlc
    136.27         5.12
```



- Oznaka “~” se koristi u R-u da se pokaže zavisnost jedne od druge promenljive
- Postoji i funkcija *lm()* koja služi za fitovanje linearnog modela
- Da li je očekivana zavisnost visine ispitanika i njihove tlc?
- Da li bi se ova zavisnost razlikovala kod zdravih ispitanika?
- Može se koristiti i *fitted()* funkcija kako bi se, na osnovu modela, izvršila predikcija. Na slici je prikazan izgled ovog linearnog modela crvenom bojom.

Da li postoji linearna zavisnost?

- Podaci iz literature ukazuju na postojanje statistički značajne linearne zavisnosti kapaciteta pluća od visine ispitanika
- Godine imaju uticaj samo kod mladih ispitanika
- Takođe, ispitivane su i druge relacije na 347 ispitanika (godine, pol ...), a postoje i ranije studije koje su u saglasnosti sa ovim rezultatom
- Više u McDonnell, W. F., and E. Seal.
"Relationships between lung function and physical characteristics in young adult black and white males and females." *European Respiratory Journal* 4.3 (1991): 279-289



Simulacija linearnog modela

```
> # binomijalna raspodela - simulacija
> set.seed(10)
> x <- rbinom(34, 1, 0.5)
> e <- rnorm(34, 0, 2)
> y <- 0.7 + 5 * x + e
> plot(x, y)
> lm(y~x)
```

Call:

```
lm(formula = y ~ x)
```

Coefficients:

(Intercept)	x
-0.1369	4.8915

```
>
```

```
> # binomijalna raspodela - tlc podaci
```

```
> plot(tlc~sex, data = dat)
```

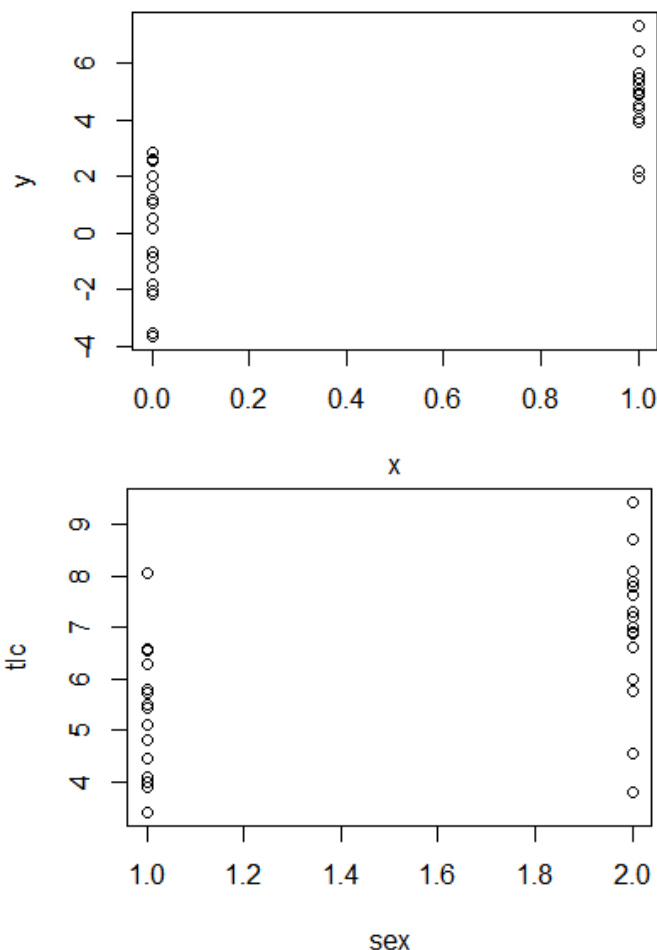
```
> lm(tlc~sex, data = dat)
```

Call:

```
lm(formula = tlc ~ sex, data = dat)
```

Coefficients:

(Intercept)	sex
3.419	1.779



- Simulacija binomijalne raspodele kao i praktičan primer su dati na slici
- NAPOMENA/PODSETNIK: *set.seed()* funkcija će dati iste (pseudo)slučajno generisane brojeve bez obzira na sesiju ili na računar na kome se pokreće programska skripta

(PSEUDO)slučajno odabiranje

```
> sample(1:10)
[1] 7 1 4 8 3 5 9 6 10 2
> sample(1:10, 4)
[1] 2 10 7 6
> sample(1:10, 4, replace = TRUE)
[1] 3 5 1 4
> sample(1:10, 4, replace = TRUE)
[1] 10 7 7 4
> sample(letters, 5)
[1] "k" "y" "u" "v" "r"
> |
```

- Funkcija *sample()* se koristi za slučajno odabiranje unutar nekog objekta čija je dimenzija > 1
- Postoji argument *replace* čija je podrazumevana vrednost FALSE
- Šta se dobija za *sample(1:10, replace = TRUE)*?
- Gde sve može da se koristi (pseudo)slučajno odabiranje?
- Da li je poželjno prilikom merenja raditi sa slučajnom frekvencijom odabiranja umesto sa fiksnom frekvencijom odabiranja? **Zašto?**

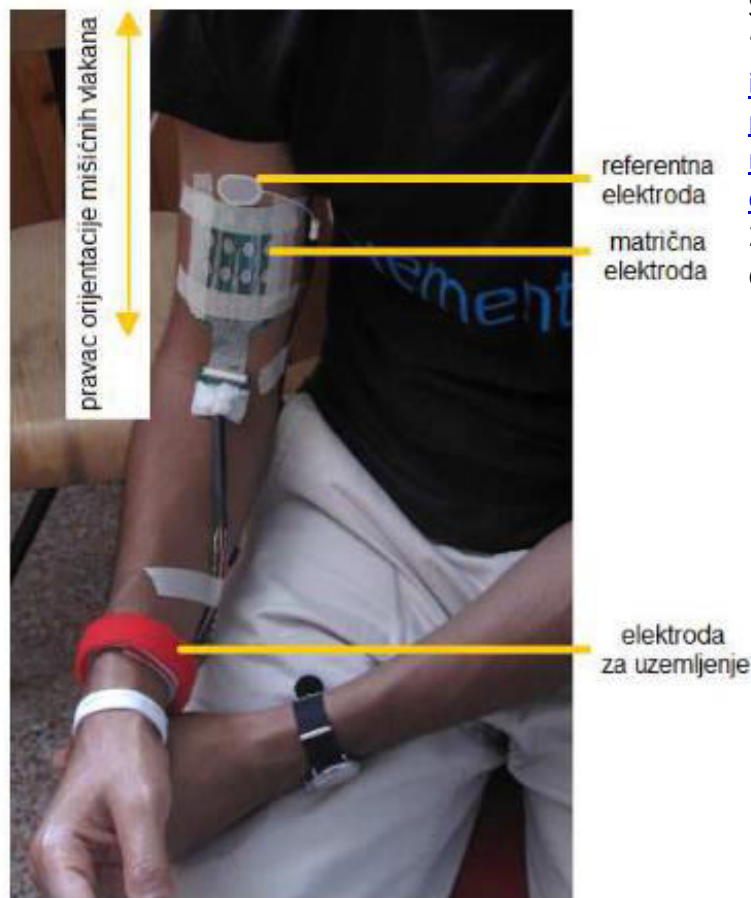
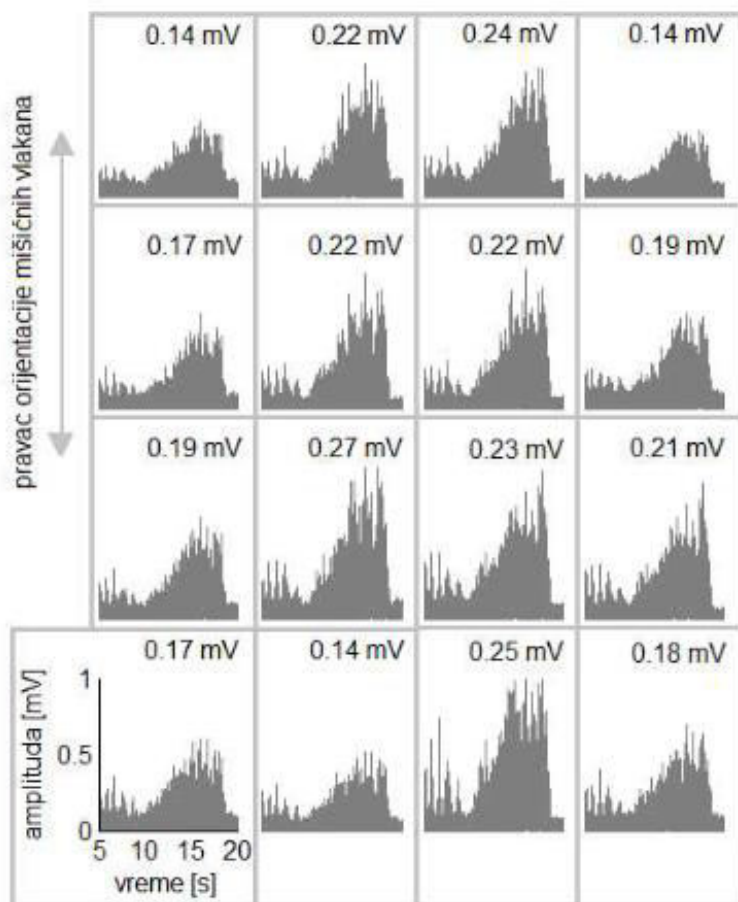
Primer

```
> # slučajno odabiranje 5 ispitanika
> set.seed(13)
> n <- length(dat$age)
> slucajni <- sample(n, 5)
> slucajni
[1] 23  8 12  3 27
> dat[slucajni, ]
      age sex height  tlc
23    35   2    174 7.00
8     16   2    152 4.55
12    28   1    165 5.50
3     12   2    148 3.80
27    32   2    173 7.80
> |
```

- Primer (pseudo)slučajnog odabiranja iz *data frame* strukture podataka *dat* je na slici
- Korišćeni su podaci iz tlc studije (paket ISwR)
- U kojim situacijama može biti korisno slučajno odabiranje postojećih podataka na ovaj način?
- Čemu ovde služi *set.seed()* funkcija?

biosignalEMG paket

- Od 2015. godine na CRAN-u je dostupan paket biosignalEMG pod nazivom: “Tools for Electromyogram Signals (EMG) Analysis” autora J. A. Guerrero i J. E. Macias-Diaz, <https://cran.r-project.org/web/packages/biosignalEMG/biosignalEMG.pdf>, pristupljeno 07.04.2024.
- Osnovne funkcije koje uključuje ovaj paket su: ispravljanje, integraljenje i usrednjavanje EMG signala, automatska detekcija aktivacije mišića, vizuelizacija rezultata, ali i simulacija EMG signala (**generisanje sintetičkog EMG signala**)



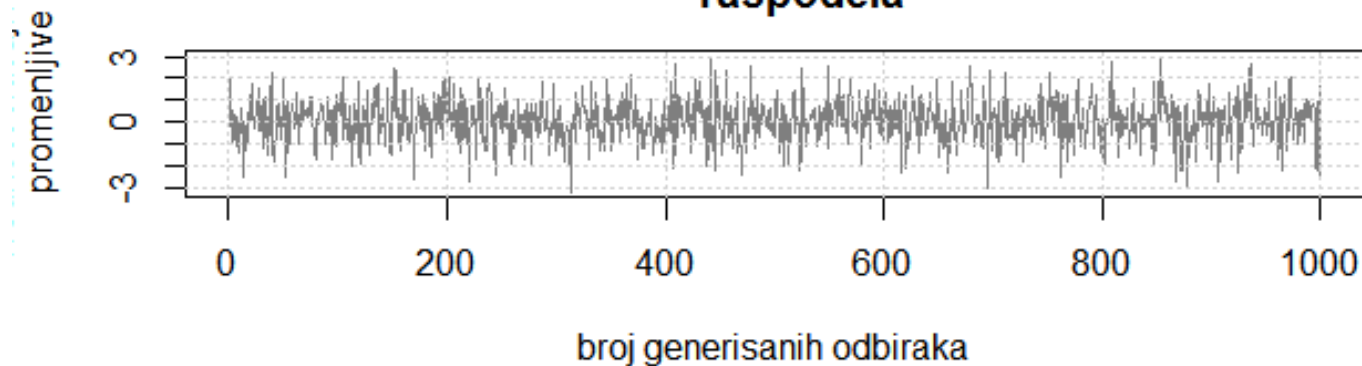
Slika: N. Miljković,
“[Metode i instrumentacija za procenu aktivnosti motornog sistema na osnovu EMG signala](#)”,
2013, doktorska disertacija

Simulacija EMG signala

- EMG signal je nestacionaran i stohastički signal, kada je rezultat voljne kontrakcije
 - Kolika je srednja vrednost EMG signala?
 - Kakva je raspodela snimljenih odbiraka?
- Kada je ovaj signal deterministički?
- Kada se koristi usrednjavanje u analizi EMG signala (*moving average* i *ensemble average*)?
- Kako bi se mogao simulirati EMG signal?

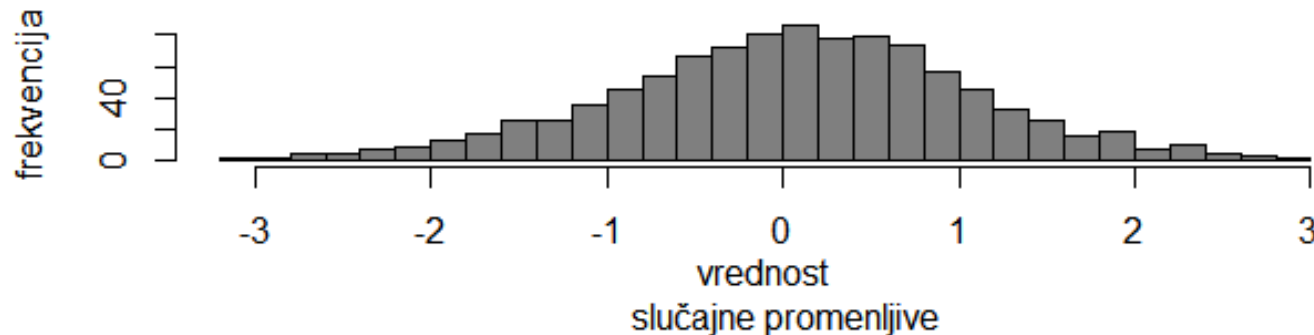
Gausovske osobine signala

Slučajan signal - normalna raspodela



Histogram signala

$$p(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$



- Ne-Gausovske osobine mogu se uočiti iz histograma ili se mogu kvantitativno odrediti
- **MNOGI PRIRODNI SIGNALI NEMAJU GAUSOVU RASPODELU. Zašto?**

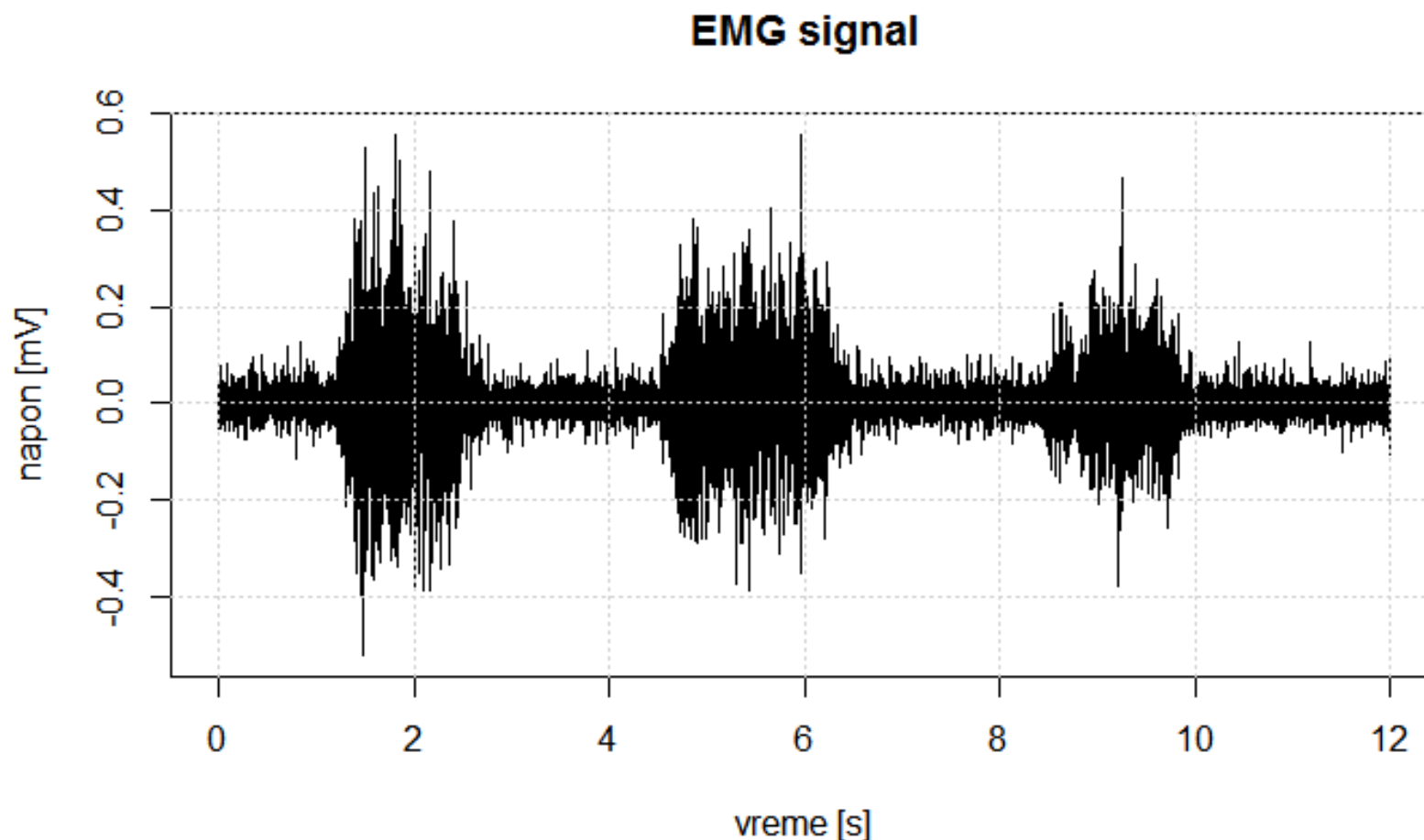
Gausova raspodela

- Gausova raspodela (r.) je značajna/poželjna zbog osobina koje ima:
 - konvolucija Gausove r. ostaje Gausova r.
 - proizvod Gausovih r. ostaje Gausova r.
 - parametri se jednostavno određuju (**koji? srednja vrednost i standardna devijacija**)
- Funkcija gustine verovatnoće (fgv) slučajnih/*random* promenljivih konvergira ka Gausovom zvonu
 - **O kojoj teoremi je reč? CGT – Centralna Granična Teorema**

Raspodela verovatnoće EMG signala

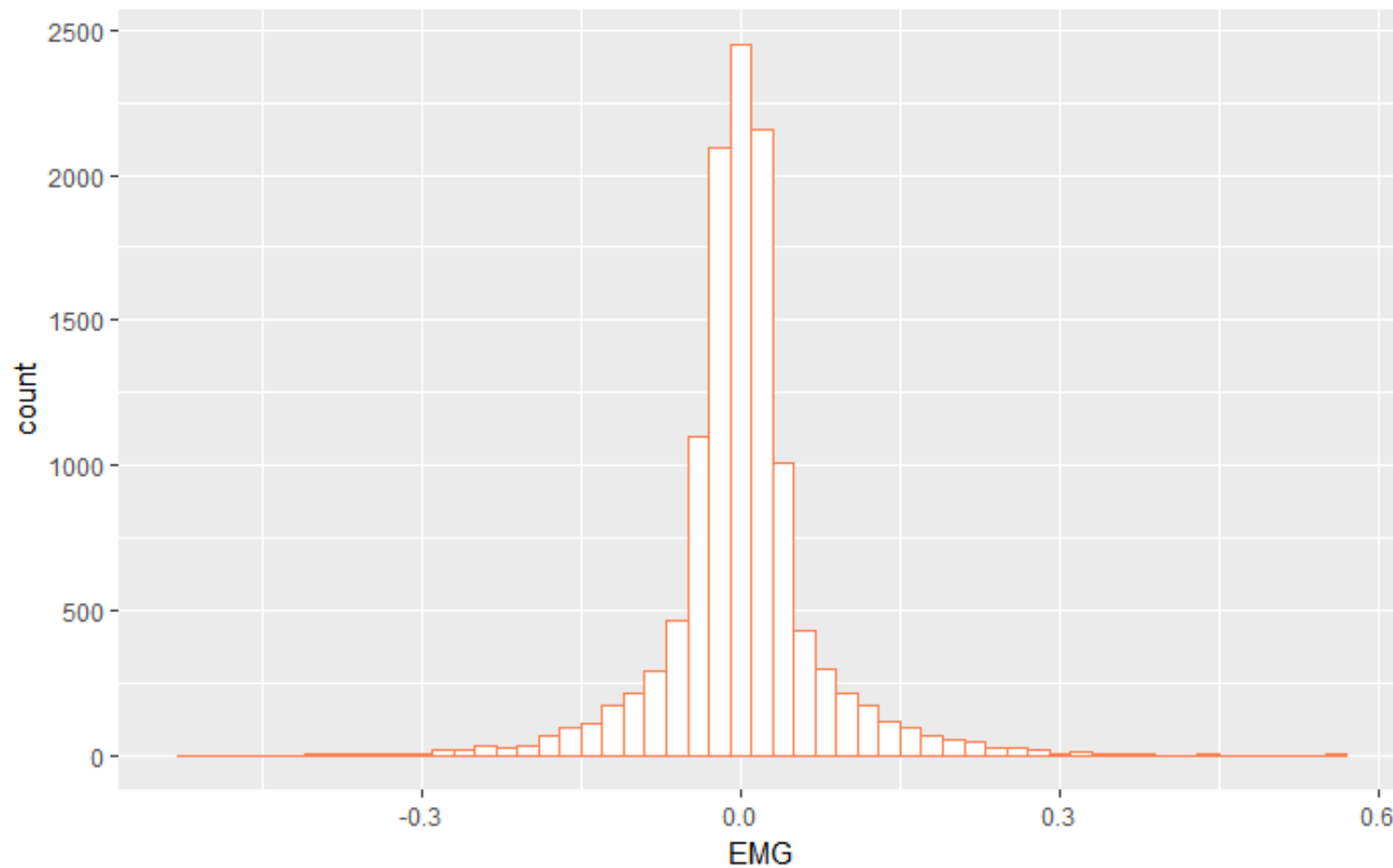
- Koristi se histogram za prikaz izmerenih odbiraka EMG signala
- Obavezan je parametar koji određuje koliko će biti opsega za definisanje/vizuelizaciju histograma
- EMG signal (pogotovu u dužim vremenskim intervalima) ima Gausovu raspodelu verovatnoće
- EMG signal u vremenskom domenu generalno ima bimodalnu strukturu (sastavljen je iz dve Gausove funkcije gustine verovatnoće):
 - jedan pik je povezan sa uloženim naporom/energijom i
 - drugi pik je povezan sa relaksacijom/odmorom

Primer EMG signala merenog na podlaktici



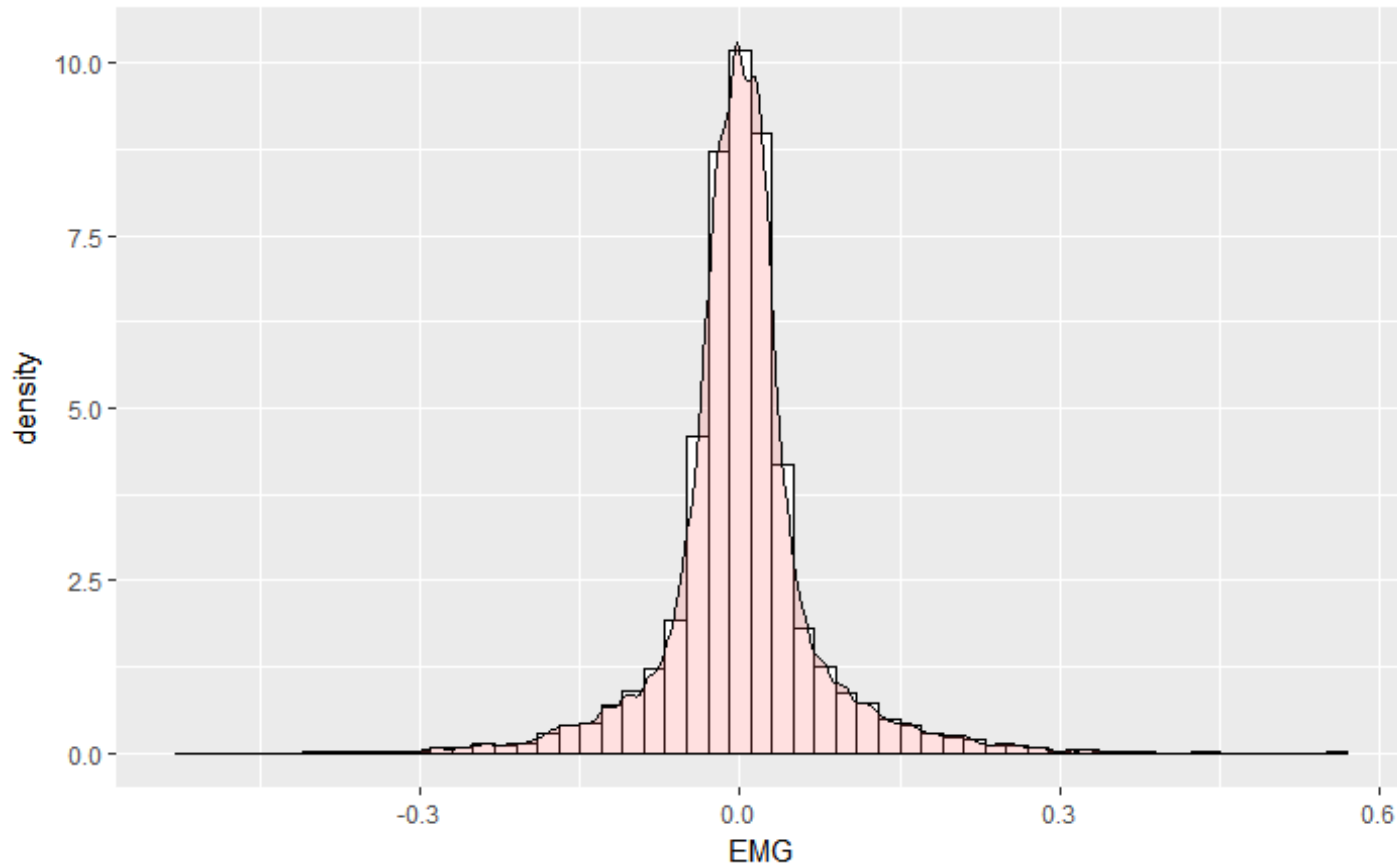
Prikazan signal se nalazi u datoteci "EMG.csv" i meren je na podlaktici na zdravom ispitaniku na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, 2016. godine.

Histogram EMG signala



```
> ggplot(pod, aes(x=EMG)) + geom_histogram(binwidth = 0.02, color="coral", fill="white")  
> |
```

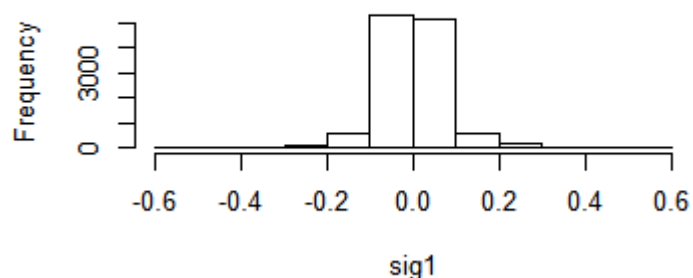
Histogram i fgv (eng. *pdf*)



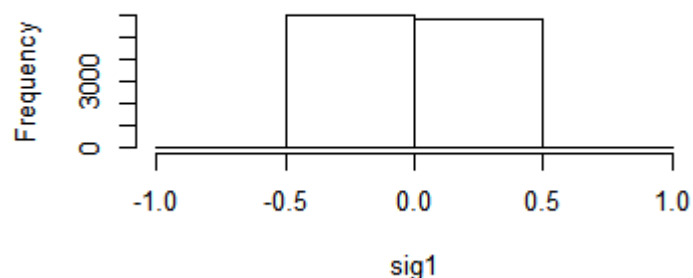
```
> ggplot(pod, aes(x=EMG)) + geom_histogram(aes(y=..density..),  
+                                           binwidth = 0.02, color="black", fill="white")+  
+     geom_density(alpha=.2, fill="#FF6666")  
>
```

Histogram i broj binova

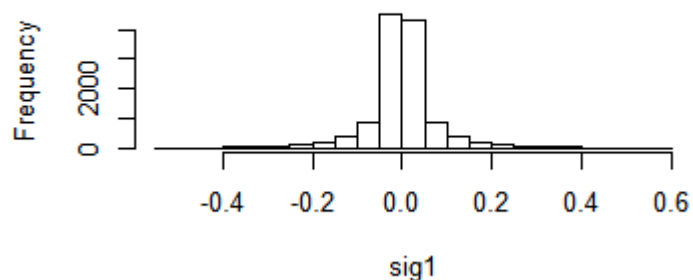
Podrazumevan broj binova



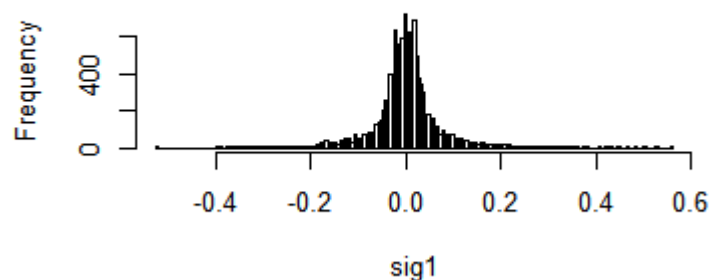
Broje binova je 2



Broj binova je 20



Broj binova je 200



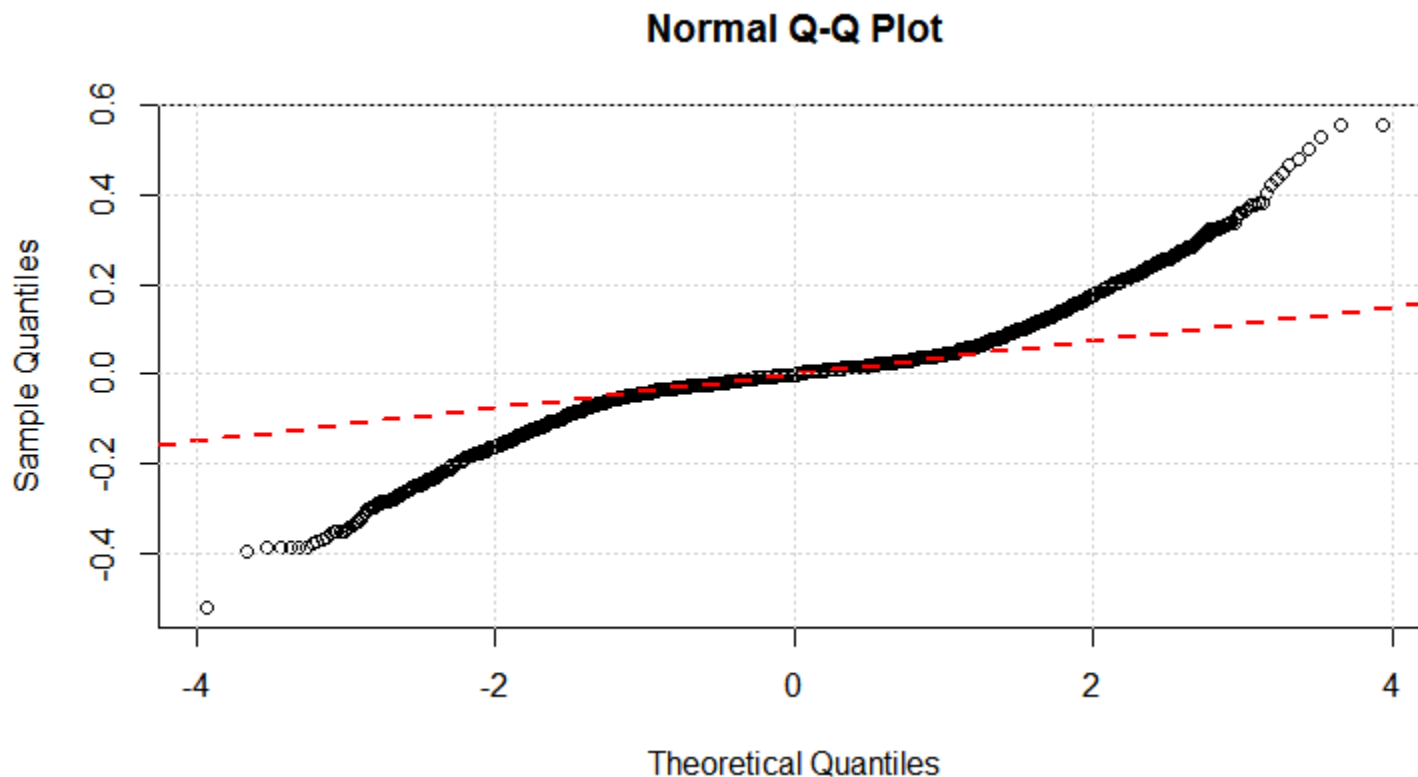
```
> mean(sig1)
[1] 0.00121575
> sd(sig1)
[1] 0.07182705
>
> par(mfrow = c(2, 2))
> hist(sig1, main = "Podrazumevan broj binova")
> hist(sig1, 2, main = "Broje binova je 2")
> hist(sig1, 20, main = "Broj binova je 20")
> hist(sig1, 200, main = "Broj binova je 200")
```

Na koju pojavu ukazuje srednja vrednost signala koja se razlikuje od nule u ovom tipu signala?

Kod?

- Parametar koji bi trebalo odabrati je broj intervala (binova) na kojima će se definisati histogram
- Kod korišćenja ggplot2 biblioteke postoji ulazni parametar *binwidth* u *geom_histogram*. Šta određuje ovaj parametar?
- Uobičajeno: $m \approx \sqrt{n} + 1$
- Šta će se desiti, ako je broj intervala manji, a šta ako je broj intervala veći? Ako je manji, onda je rezolucija histograma neodgovarajuća, a ako je veći neki od intervala mogu ostati prazni.

qqnorm() funkcija



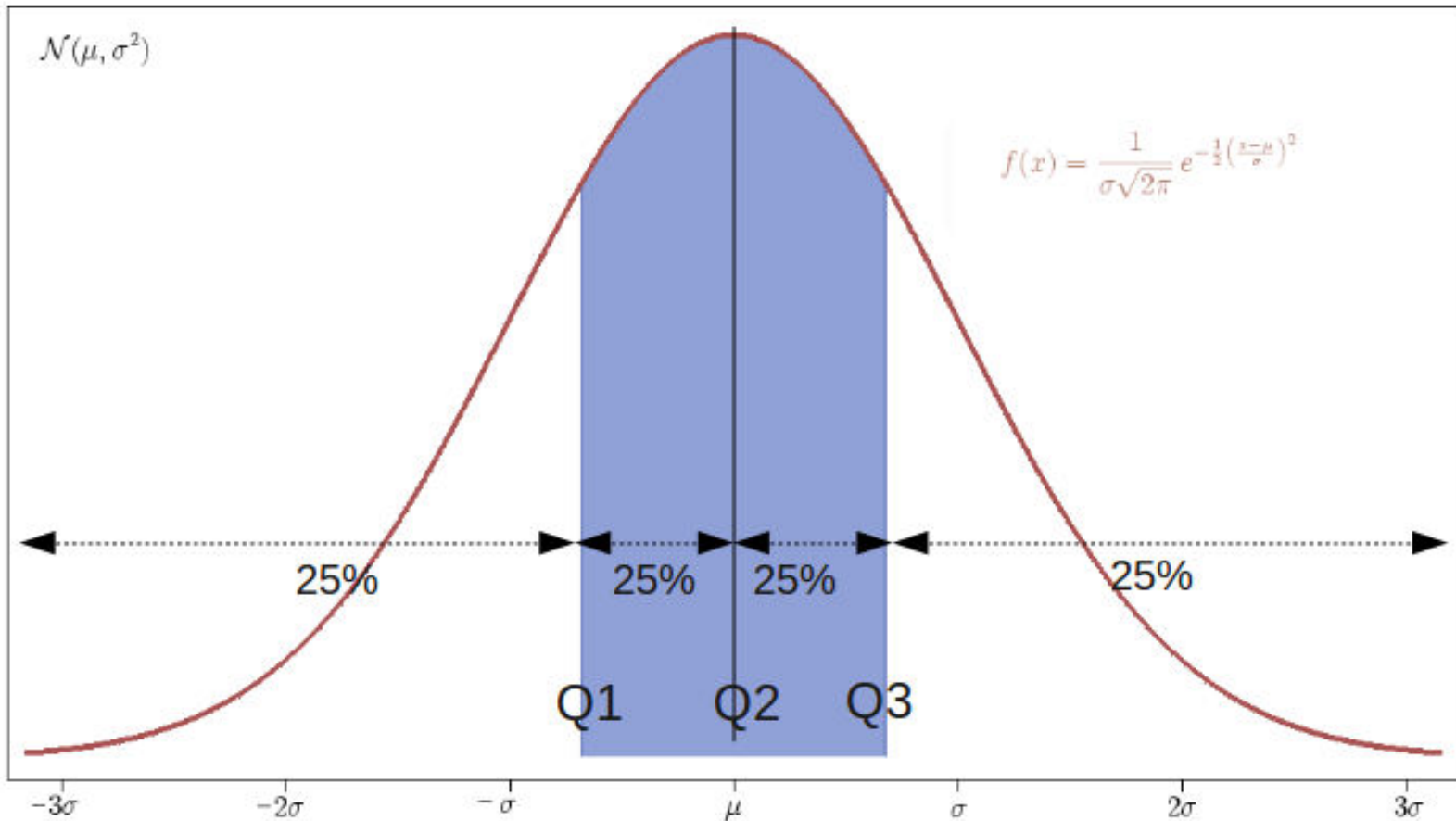
```
> qqnorm(sig1)
> qqline(sig1, col = "red", lwd=2, lty=2)
> grid()
```

- Ova funkcija se koristi za proveru normalne (Gausove) raspodele signala
- Kako se tumači rezultat koji daje ova funkcija? Poredi se poklapanja krive sa crvenom linijom (što je veće poklapanje, raspodela je “Gausovskija”)

QQ grafik

- QQ grafik (eng. *quantile quantile plot*) je grafik koji se koristi za vizuelnu proveru normalne raspodele podataka (https://en.wikipedia.org/wiki/Q%E2%80%93Q_plot)
 - Koje se opcije još mogu koristiti? Histogram, poređenje medijane i srednje vrednosti i druge.
- Ovaj grafik na svojim osama ima kvantile raspodela čije se vrednosti upoređuju. Ako podaci imaju pretežno normalnu raspodelu, QQ grafik će prikazati pretežno linearnu zavisnost.
- Kvantili?
 - Evo jednostavnog objašnjenja na portalu e-statistika: <https://e-statistika.rs/kvantili-kvartili-decili-i-percentili>, pristupljeno 07.04.2024.
- *qqline()* funkcija služi da bi se dodala linija koja prolazi kroz prvi i treći kvantil. Svako odstupanje od ove linije ukazuje na “neslaganje” raspodela.
- NAPOMENA: Ovaj grafik služi isključivo za vizuelnu inspekciju. *qqnorm()* funkcija se koristi za poređenje raspodele podataka sa normalnom Gausovom raspodelom. U posebnim slučajevima, može se raditi parametrizacija ovog grafika.

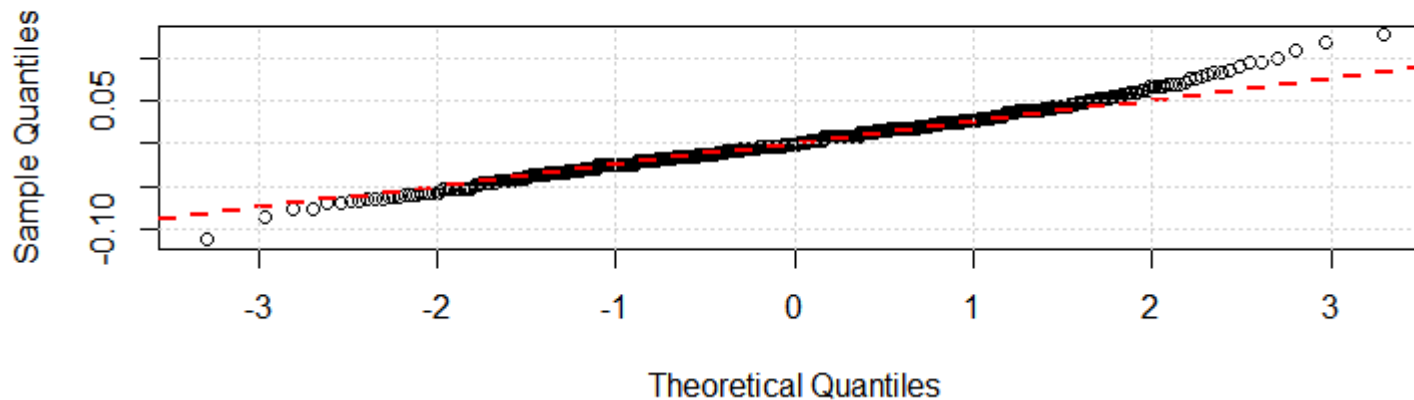
Šta su kvartili? Najbolje se vidi na slici!



By Iqr.png: ArkOnderivative work: Gato ocioso (talk) - Iqr.png, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14702157>

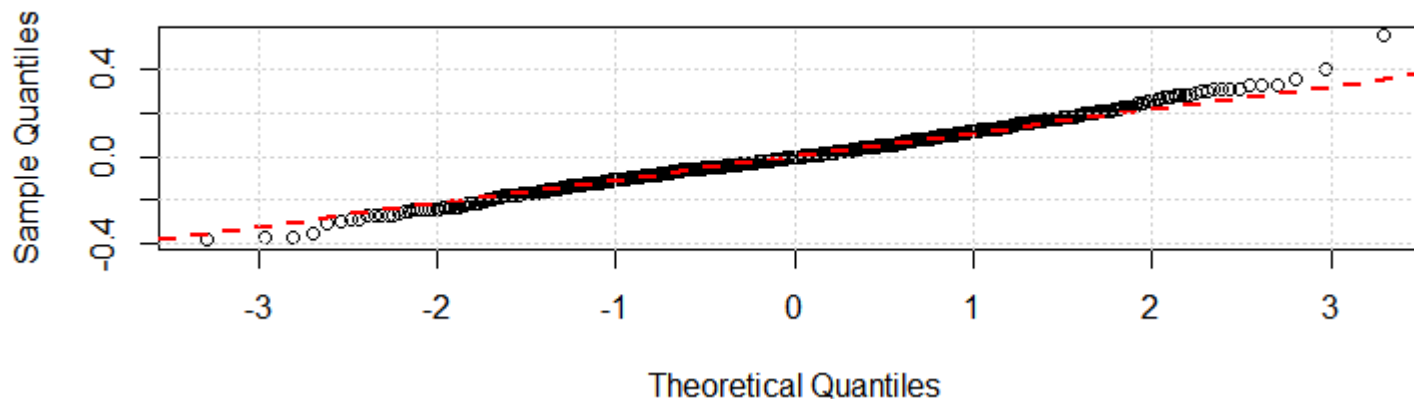
Da li se razlikuju relaksacija i kontrakcija?

Relaksacija



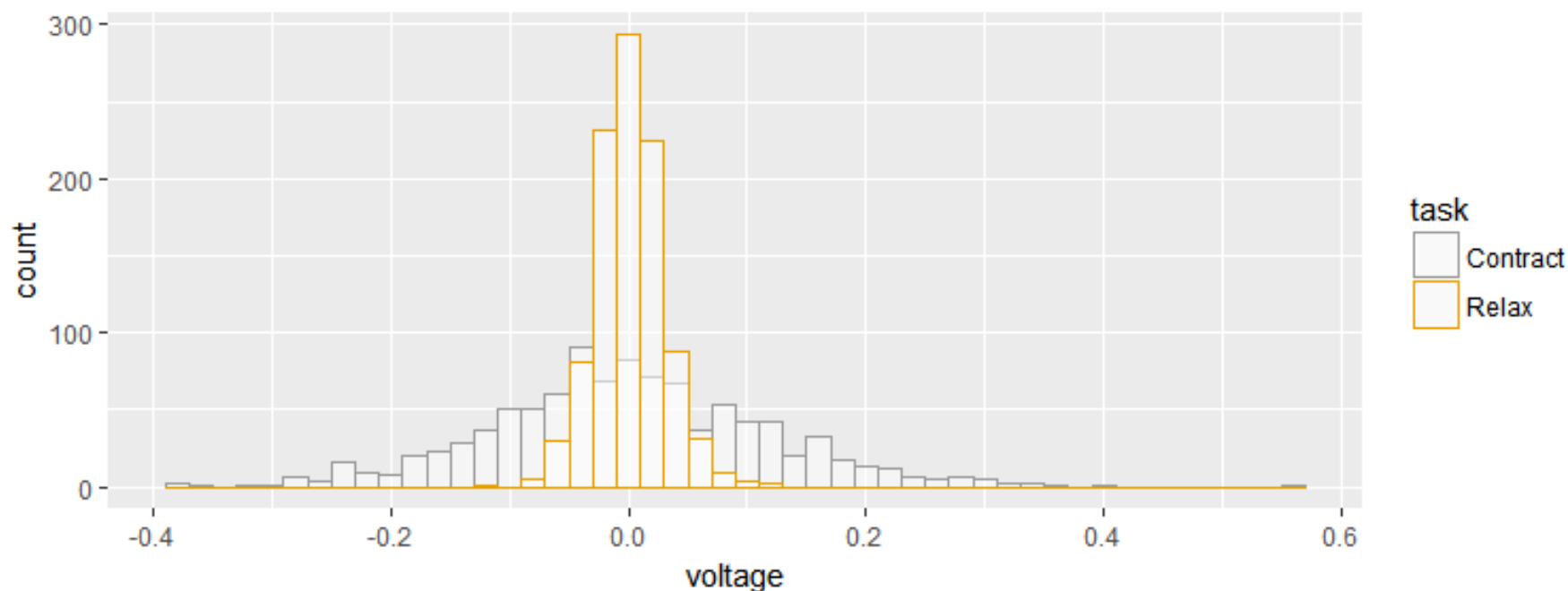
```
# tokom relaksacije  
qqnorm(sig1[1:fs], main = "Relaksacija")  
qqline(sig1[1:fs], col = "red", lwd=2, lty=2)  
grid()
```

Kontrakcija



```
# tokom kontrakcije  
qqnorm(sig1[(5*fs):(6*fs)], main = "Kontrakcija")  
qqline(sig1[(5*fs):(6*fs)], col = "red", lwd=2, lty=2)  
grid()
```

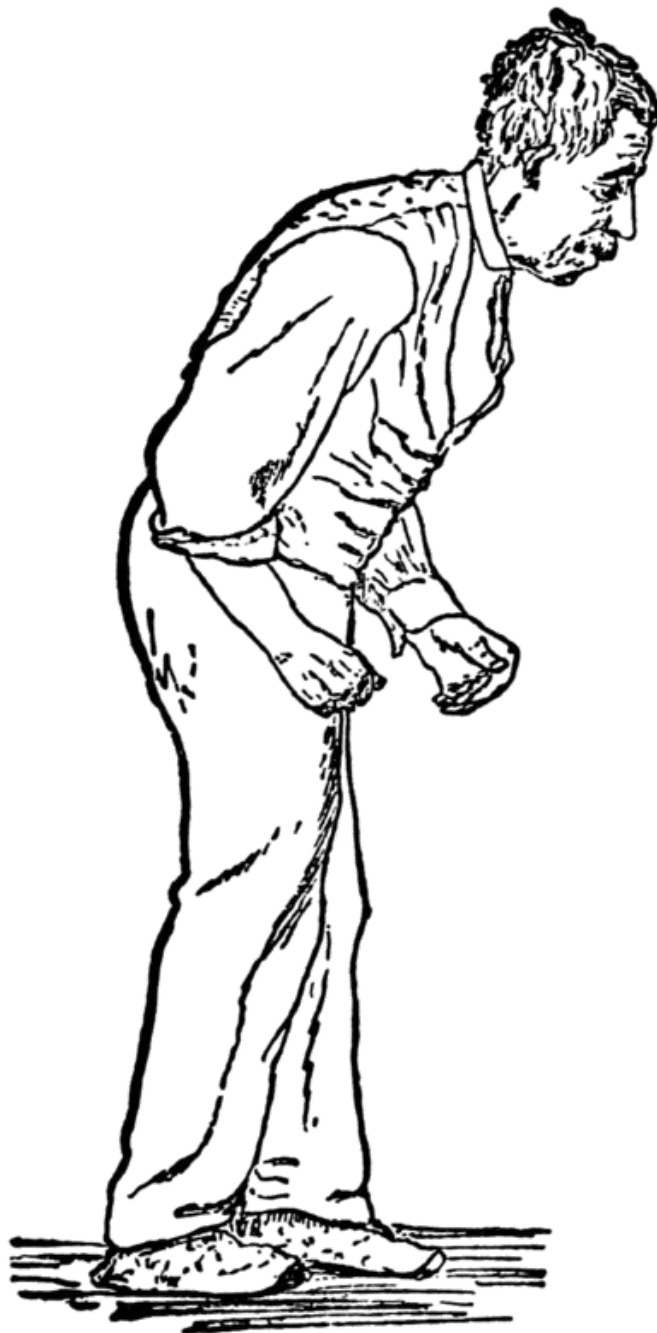
Da ih uporedimo ...



```
> emgPod <- list("numeric")
> emgPod$voltage <- c(sig1[1:fs], sig1[(5*fs):(6*fs-1)])
> emgPod$task <- c(rep("Relax", fs), rep("Contract", fs))
> emgPod <- data.frame(emgPod)
>
> crtez <- ggplot(emgPod, aes(x=voltage, color=task)) +
+   geom_histogram(fill="white", alpha=0.5,
+   position="identity", binwidth = 0.02)
>
> crtez + scale_color_manual(values=c("#999999", "#E69F00", "#56B4E9"))
> |
```

Gde se koristi EMG histogram?

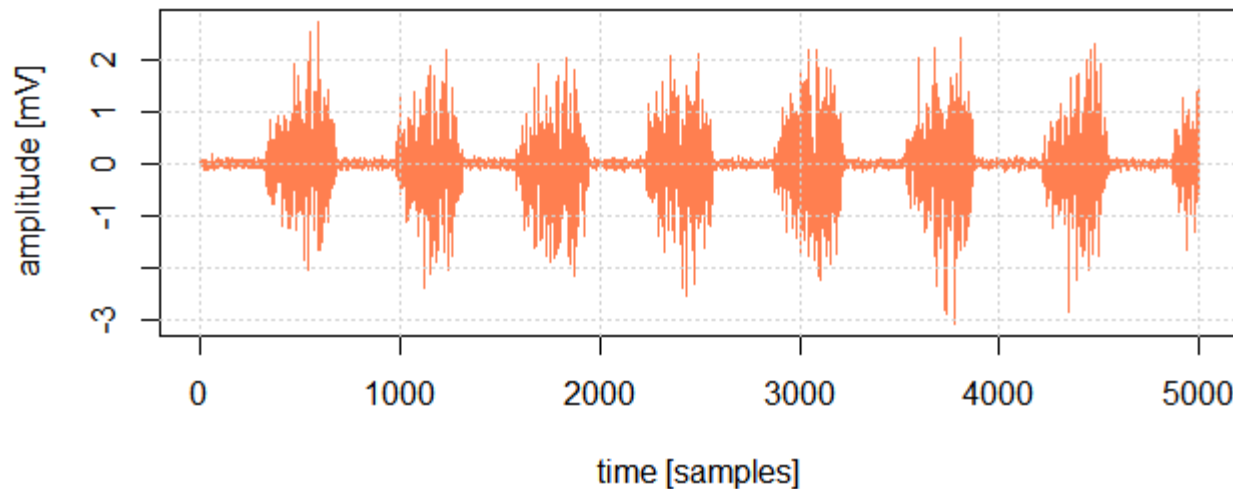
- U radu: Rissanen, Saara, et al. "Analysis of surface EMG signal morphology in Parkinson's disease." *Physiological measurement* 28.12 (2007): 1507, je
 - analiziran je EMG histogram sa ciljem detekcije morfologije EMG signala sa mišića osoba obolelih od Parkinsonove bolesti (https://en.wikipedia.org/wiki/Parkinson's_disease) – tzv. *high dimensional data feature*
 - ovaj prilaz se pokazao korisnim za *impulse like* oblik EMG signala karakterističan kod ove patologije
 - moguće je razlikovati ove parametre kod zdravih ispitanika i kod obolelih osoba
- Komercijalni uređaji takođe uključuju ovu vizuelizaciju. Primer je BIOPAC sistem: <https://www.biopac.com/application/emg-electromyography/advanced-feature/histogram-analysis/>, pristupljeno 07.04.2024.
- Postoje i naučni radovi u kojima je histogram korišćen za diferencijaciju EMG signala kod različitih funkcionalnih pokreta ...



By William Richard Gowers (1845–1915) after St. Leger (unknown dates) - Herter, Christian Archibald (1907) [1892]. "Fig 66 — Paralysis agitans. (After St. Leger.) (Gowers)". *Diagnosis of Organic Nervous Diseases* (2nd ed.). New York and London: G. P. Putnam's Sons. p. 589. Retrieved 2011-03-24., PD-US, <https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=31434429>

Simulacija EMG signala

Synthetic EMG



```
> library(biosignalEMG)
> emgx <- syntheticemg(n.length.out = 5000, on.sd = 1, on.duration.mean = 350,
+                      on.duration.sd = 10, off.sd = 0.05, off.duration.mean = 300, off.duration.sd = 20,
+                      on.mode.pos = 0.75, shape.factor = 0.5, samplingrate = 1000, units = "mv",
+                      data.name = "Synthetic EMG")
> class(emgx)
[1] "emg"
> attributes(emgx)
$names
[1] "values"      "units"      "samplingrate" "data.name"   "on.off"

$class
[1] "emg"

> plot(emgx$values, main = "Synthetic EMG", xlab = "time [samples]",
+      ylab = "amplitude [mV]", type = "l", col = "coral")
> grid()
```

- Primer simuliranog EMG signala korišćenjem biosignalEMG paketa je dat na slici
- Kod je dat na slici ispod

Funkcija za simulaciju EMG signala

Creates a synthetic EMG based on a simple heteroscedastic model.

Usage

```
syntheticemg(n.length.out = 10000, on.sd = 1, on.duration.mean = 350,  
             on.duration.sd = 10, off.sd = 0.05, off.duration.mean = 300,  
             off.duration.sd = 20, on.mode.pos = 0.75, shape.factor = 0.5,  
             samplingrate = 0, units = "", data.name = "Synthetic EMG")
```

Arguments

<code>n.length.out</code>	number of observations.
<code>on.sd</code>	Standard deviation of the random values during an active phase.
<code>on.duration.mean</code>	mean lengths of active phases in number of samples.
<code>on.duration.sd</code>	standard deviation of lengths of active phases in number of samples.
<code>off.sd</code>	standard deviation of the random values during an silence phase (i.e. for the baseline noise).
<code>off.duration.mean</code>	mean lengths of silence phases in number of samples.
<code>off.duration.sd</code>	standard deviation of lengths of silence phases in number of samples.
<code>on.mode.pos</code>	a value between 0 (beginning of the active phase) and 1 (end of the active phase) indicating the relative position in which the maximum amplitude of an active phase will be located.
<code>shape.factor</code>	shape parameter (recommended values between 0 and 2).
<code>samplingrate</code>	sampling rate associated to the synthetic EMG.
<code>units</code>	units associated to the synthetic EMG.
<code>data.name</code>	a string specifying the name of the variable which will appears on the plots.

?syntheticemg

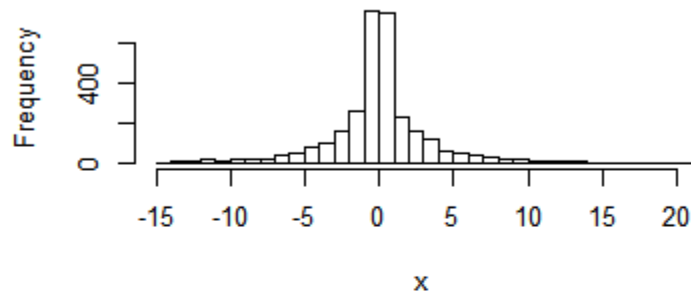
Model

- Opisan u radu: Esquivel-Frausto, M. E., J. A. Guerrero, and J. E. Macías-Díaz. "Activity pattern detection in electroneurographic and electromyogram signals through a heteroscedastic change-point method." *Mathematical biosciences* 224.2 (2010): 109-117. doi: [10.1016/j.mbs.2010.01.001](https://doi.org/10.1016/j.mbs.2010.01.001)
- Model je realizovan na osnovu *heteroscedasticity* metode (<https://en.wikipedia.org/wiki/Heteroscedasticity>) koja pretpostavlja da je skup podataka sastavljen iz skupa više podataka sa istom raspodelom, ali različitom varijansom (slučajan proces sa varijabilnom varijansom)
 - Pretpostavka u ovom modelu je da je EMG signal sastavljen iz normalno raspodeljenih odbiraka i da se ta normalna raspodela razlikuje tokom aktivacije i tokom relaksacije mišića (različite *pdf*)
 - Obe raspodele imaju srednju vrednost 0 i razlikuju se po varijansi. Prema tome, model je predstavljen sledećom jednačinom:

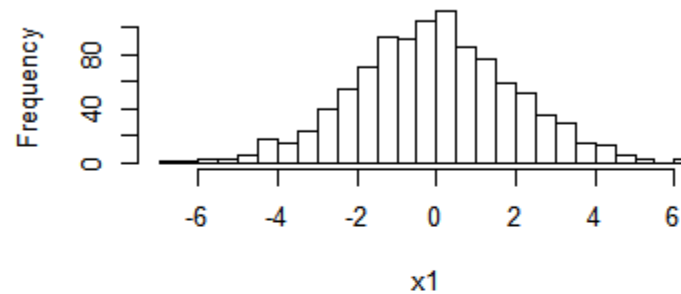
$$X_i \sim \begin{cases} N(0|\sigma_s^2), & \text{tokom relaksacije } t_i \\ N(0|\sigma_a^2), & \text{tokom aktivnosti } t_i \end{cases}$$

Primer modela

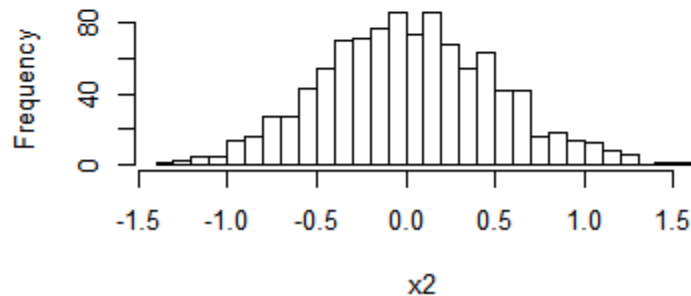
Uzorak



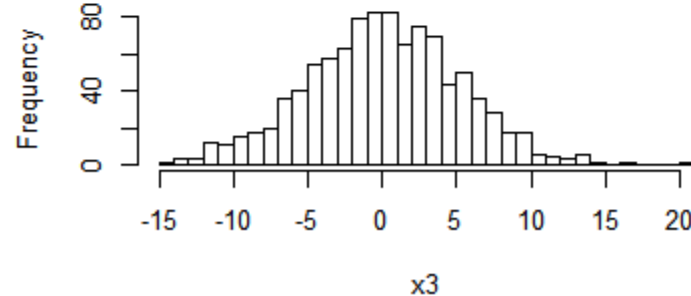
poduzorak, sd = 2



poduzorak, sd = 0.5



poduzorak, sd = 5



```
> # heterodasticity primer
> x1 <- rnorm(1000, mean = 0, sd = 2)
> x2 <- rnorm(1000, mean = 0, sd = 0.5)
> x3 <- rnorm(1000, mean = 0, sd = 5)
> x <- c(x1, x2, x3)
>
> round(sqrt(1000) + 1)
[1] 33
> par(mfrow = c(2, 2))
> hist(x, 33, main = "uzorak")
> hist(x1, 33, main = "poduzorak, sd = 2")
> hist(x2, 33, main = "poduzorak, sd = 0.5")
> hist(x3, 33, main = "poduzorak, sd = 5")
```

A kako predstaviti aktivaciju u modelu?

- Ako se pretpostavi da sekvenca $b = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ određuje aktivnost mišića: ako je $b_i = 1$ onda je mišić aktivan, a ako je $b_i = 0$ onda je mišić relaksiran, pa se model predstavlja kao:

$$X_i \sim N(0 | b_i \sigma_a^2 + (1 - b_i) \sigma_s^2)$$

- U ovakvom modelu, sintetički signal ima srednju vrednost 0, a njegova varijansa je jednaka:

$$\sigma_i^2 = b_i \sigma_a^2 + (1 - b_i) \sigma_s^2$$

- Da li je pogodno da bi budu isključivo 0 i 1? Zašto? Nije, jer realna kontrakcija ne nastaje u jednom trenutku, već postoji tranzijent.
- Treba napomenuti da se ovaj isti model može koristiti za generisanje sintetičkih ENG signala

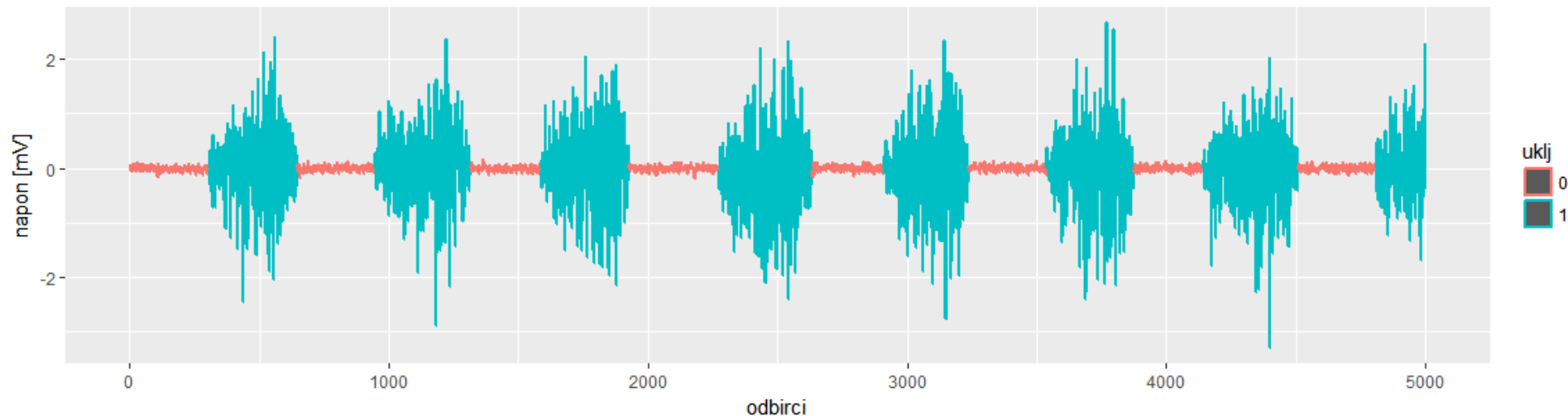


Kako bi se modelirao šum?

By User Markome on en.wikipedia, Public Domain,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1352731>

Čemu služe sintetički signali?

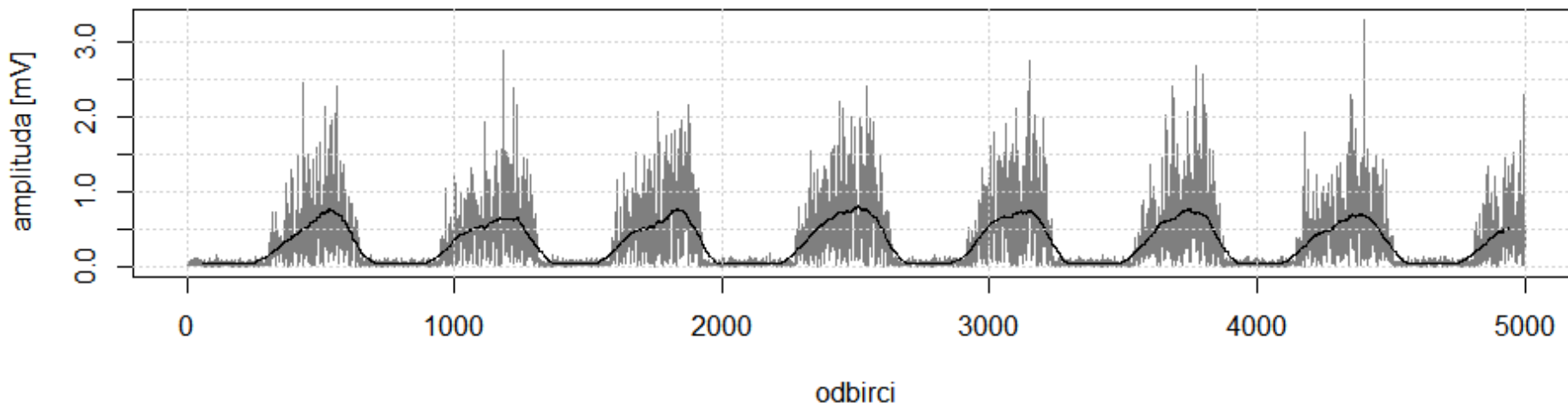
Sintetički EMG signal



- Za analizu mnogih fenomena i za analizu uspešnosti tehnika obrade signala, pogodno je da postoji sintetički signal
 - Primer #1: ako postoji EMG signal koji je zašumljen EKG signalom, kako odrediti SNR?
 - Primer #2: ako se testira metoda filtracije signala kako uporediti filtriran signal sa originalnim signalom koji nije zašumljen?
 - Primer #3: ...
- Dodatno, samo generisanje sintetičkog signala podrazumeva predstavljanje signala (ali i fiziološkog procesa koji za rezultat daje takav signal) modelom, a takav model doprinosi boljem razumevanju prirode biomedicinskih signala i procesa

biosignalEMG funkcije

Sintetički EMG i anvelopa



- *rectification()* – funkcija za dvostrano i jednostrano ispravljanje EMG signala (kako bez ove funkcije?)
- *integration()* – funkcija koja služi za integraljenje EMG signala
- *envelope()* – funkcija koja služi za računanje anvelope tj. obvojnice EMG signala primenom MA (eng. *Moving Average*) filtra
- *eaemg()* – služi za sinhrono usrednjavanje (eng. *ensemble average*) i za voljnu kontrakciju, zato što sintetički signal sadrži informaciju o trenutku kontrakcije (0 ili 1)

Dodatno ...

```
> attributes(emgx)
$names
[1] "values"      "units"      "samplingrate" "data.name"  "on.off"

$class
[1] "emg"
```

- Signali koji se generišu i sa kojima se radi u ovom slučaju imaju posebnu *emg* klasu sa osnovnim podacima/atributima kao na slici
- Metapodaci su od posebnog značaja za dalje korišćenje ovih signala i njihovu upotrebljivost
- Postoje posebne funkcije koje filtriraju artifakt, određuju početak i kraj mišićne kontrakcije i dr. (npr. *dcbiasremoval()*, *onoff_singlethres()*, *highpass()*, ...)

• • •



Prikazana je slika iz: By Von.grzanka - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9437797>.

Ovaj paket sadrži i skup merenih podataka na mački (sa povredom nervnog sistema) sa tri mišića (EMG) i na kičmenoj moždini (ENG).

Rezime i literatura

- U R-u postoje ugrađene funkcije koje omogućavaju generisanje (pseudo)slučajnih brojeva prema unapred zadatoj raspodeli
 - Ovi generatori su korisni za definisanje modela (linearnih, ali i nelinearnih)
 - Poželjno je uvek koristiti *set.seed()* funkciju kada se generišu (pseudo)slučajni brojevi
 - Moguće je koristiti *sample()* funkciju za (pseudo)slučajan odabir elemenata iz nekog skupa
- Za određivanje linearnog modela koriste se funkcije *lm()* i *fitted()*
- Postoji poseban paket za simulaciju EMG signala
 - EMG signal je moguće simulirati pod pretpostavkom normalne raspodele snimljenih odbiraka signala
- U paketu ISwR se nalazi veliki broj dostupnih podataka za analizu, ovde su korišćeni samo neki od tih podataka
- Deo ovog predavanja je sastavljen na osnovu sledećeg materijala:
 - Borg F. Analyzing biosignals using the R freeware (open source) tool, July, 2014, [arXiv:1103.3624](https://arxiv.org/abs/1103.3624) [physics.data-an]