

# Znamo li protumačiti najčešće statističke pokazatelje?

---

**Kujundžić Tiljak, Mirjana**

**Conference presentation / Izlaganje na skupu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:105:120254>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-11**



Repository / Repozitorij:

[Dr Med - University of Zagreb School of Medicine  
Digital Repository](#)



# Znamo li protumačiti najčešće statističke pokazatelje?

***Doc.dr.sc. Mirjana Kujundžić Tiljak***

*Katedra za medicinsku statistiku, epidemiologiju  
i medicinsku informatiku*

*Škola narodnog zdravlja “Andrija Štampar”*

*Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*

# INTERVALI POUZDANOSTI

## **INTERVAL POUZDANOSTI**

*(engl. CONFIDENCE INTERVAL)*

= procijenjeni raspon vrijednosti koji najvjerojatnije uključuje nepoznati populacijski parametar, a računa se iz uzorka

95%, 90%, 99%, 99,9% ... **RAZINA POUZDANOSTI**  
*(engl. CONFIDENCE LEVEL)*

$$= 1-\alpha$$

širina intervala pouzdanosti → preciznost procjene  
(vrlo širok interval = potrebno je prikupiti još podataka)

# INTERVALI POUZDANOSTI

## ***GRANICE POUZDANOSTI***

*(engl. CONFIDENCE LIMITS)*

= donje i gornje granične vrijednosti intervala pouzdanosti, tj. vrijednosti koje definiraju raspon intervala pouzdanosti

95%, 90%, 99%, 99,9% .....

UZORAK

statističke veličine →

POPULACIJA

parametri

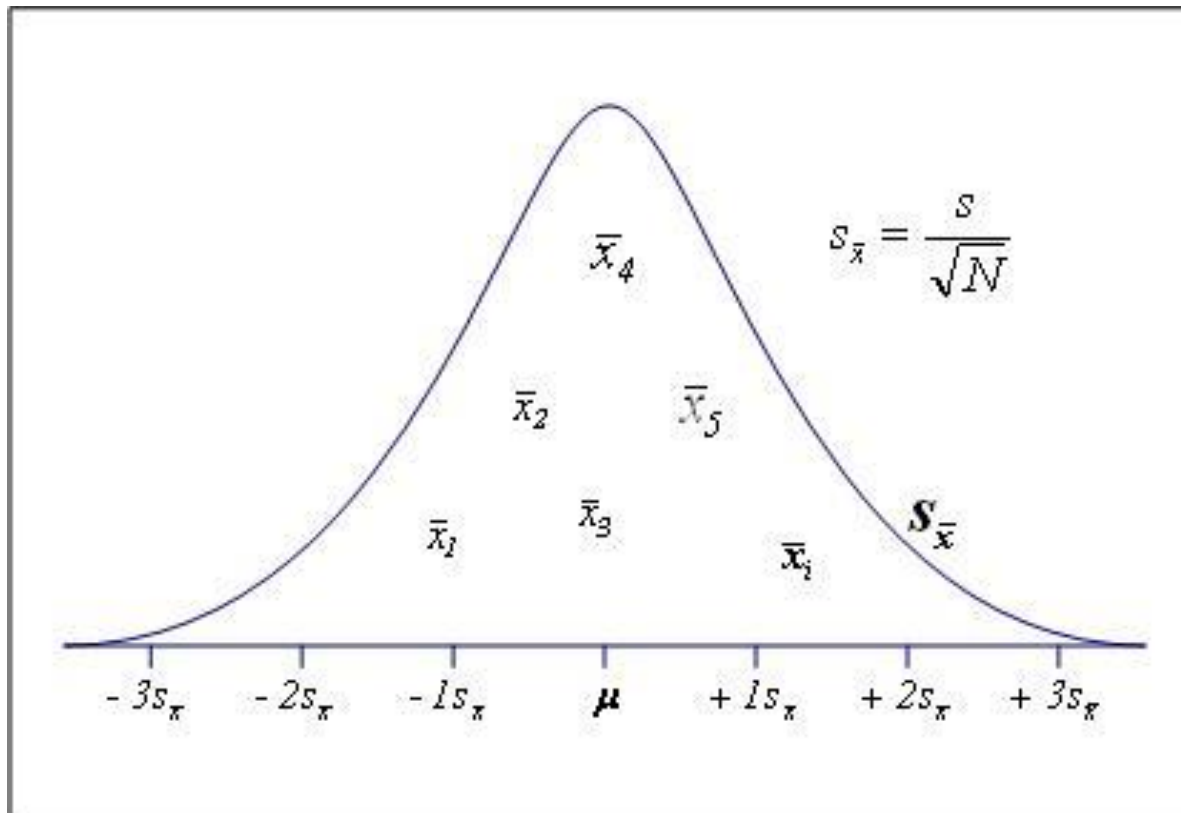
$\bar{X} \dots \mu$

$S \dots \sigma$

$p \dots \pi$

# PROCJENA ARITMETIČKE SREDINE POPUALACIJE

## CENTRALNI GRANIČNI TEOREM



# PROCJENA ARITMETIČKE SREDINE POPUALACIJE

- **CENTRALNI GRANIČNI TEOREM**

= distribucija aritmetičkih sredina uzoraka iz jedne populacije bit će normalna i ako distribucija promatranog obilježja u populaciji nije normalna ukoliko su uzorci dovoljno veliki i ako je varijanca populacije ( $\sigma^2$ ) konačan broj

# PROCJENA ARITMETIČKE SREDINE POPULACIJE

distribucija aritmetičkih sredina uzoraka:

aritmetička sredina =  $\mu$  (aritmetička sredina populacije)

standardna devijacija = **standardna pogreška**

(engl. Standard Error of the Mean)

→ mjera preciznosti procjene

$$S_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{N}}$$



# PROCJENA ARITMETIČKE SREDINE POPULACIJE

## INTERVAL POUZDANOSTI (CI):

$$\bar{X} - z \cdot s_{\bar{X}} \leq \mu \leq \bar{X} + z \cdot s_{\bar{X}}$$

**z** = standardizirana vrijednost normalne raspodjele

$$z_i = \frac{(x_i - \bar{X})}{s}$$

95% CI . . . z = 1,96

99% CI . . . z = 2,58

# PROCJENA ARITMETIČKE SREDINE POPUALACIJE

- ? prosječna dob menarhe u Zagrebu uz vjerojatnost 95%

$$n = 2529$$

$$\bar{x} = 13,16 \text{ godina} \quad s = 1,18 \text{ godina}$$

$$s_{\bar{x}} = \frac{1,18}{\sqrt{2529}} = 0,023 \text{ godina}$$

$$13,115 \leq \mu \leq 13,205$$

# PROCJENA PROPORCIJE POPULACIJE

- proporcija jedinki u populaciji koje posjeduju određenu karakteristiku

$n$  = veličina uzorka

$p$  = proporcija uzorka

$r$  = broj jedinki u uzorku koje posjeduju određenu karakteristiku

$$p = r/n$$

- distribucija proporcija uzoraka slijedi normalnu distribuciju sa srednjom vrijednosti  $\pi$

# PROCJENA PROPORCIJE POPUALACIJE

## standardna pogreška proporcije

= standardna devijacija distribucije  
proporcija uzoraka

$$s_p = \sqrt{\frac{pq}{n}}$$

→ mjera preciznosti procjene

# PROCJENA PROPORCIJE POPULACIJE

## INTERVAL POUZDANOSTI (CI):

$$p - z \cdot s_p \leq \pi \leq p + z \cdot s_p$$

**z** = standardizirana vrijednost normalne raspodjele

$$z_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{s}$$

95% CI . . . z = 1,96

99% CI . . . z = 2,58

# PROCJENA PROPORCIJE POPULACIJE

- ? Proporcija alergičnih reakcija u populaciji cijepljenih uz vjerojatnost 95%

$$n = 1000$$

$$p = 0,2$$

$$q = 0,8$$

$$s_p = \sqrt{\frac{0,2 \cdot 0,8}{1000}} = 0,0126$$

$$0,175 \leq \pi \leq 0,225$$

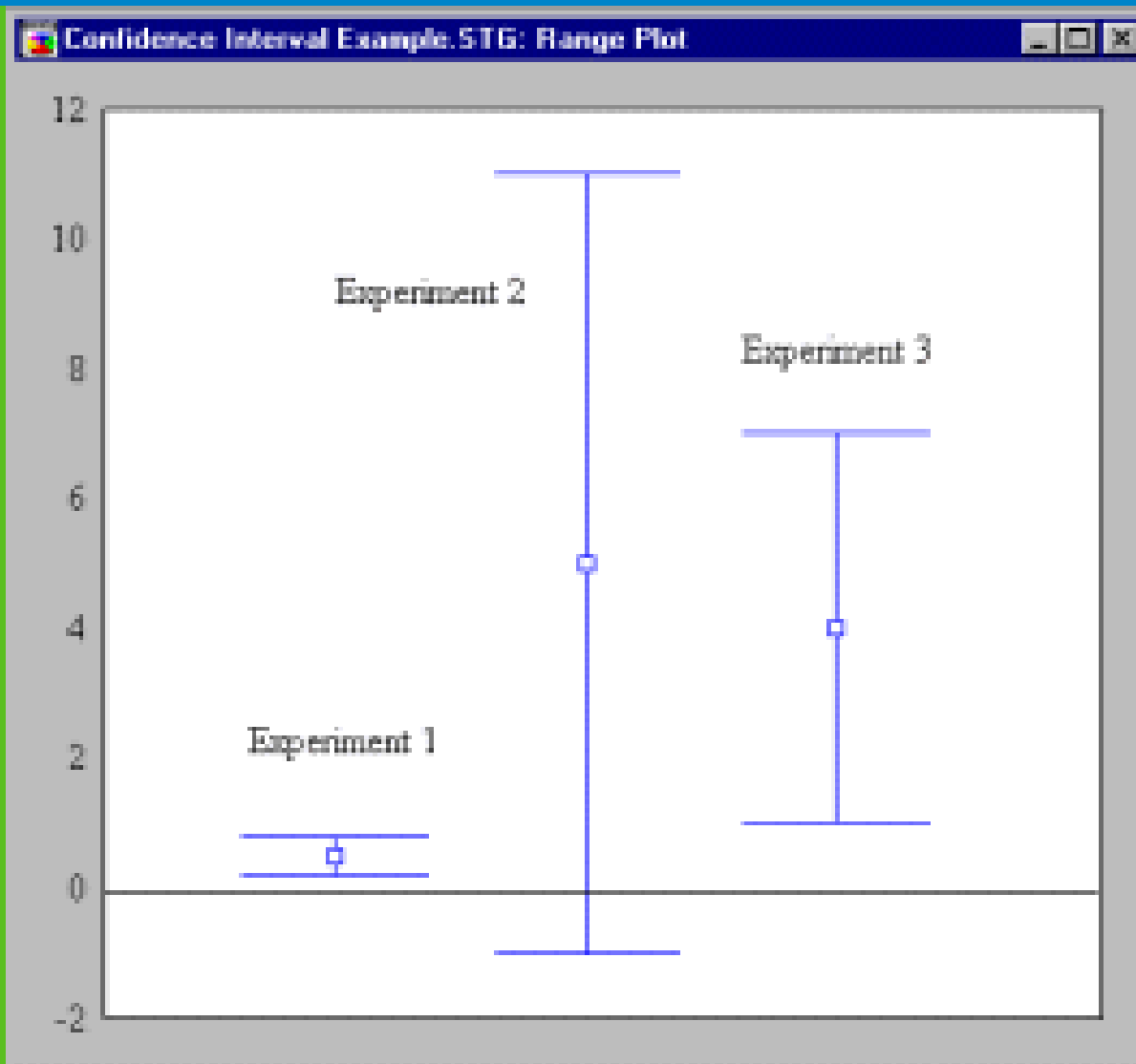
# INTERVAL POUZDANOSTI RAZLIKE ARITMETIČKIH SREDINA

- granice intervala pouzdanosti → procjena **kliničke značajnosti** razlike aritmetičkih sredina

donja ili gornja granica intervala pouzdanosti **blizu 0**

→ prava razlika je vrlo mala i klinički beznačajna čak i kada rezultat statističkog testa ukazuje na statističku značajnost razlike

# INTERVAL POUZDANOSTI RAZLIKE ARITMETIČKIH SREDINA



**Eksperiment 1:**

veliki uzorak

visoka preciznost

mali efekt razlike

**Eksperiment 2:**

neprecizno

premali uzorak

**Eksperiment 3:**

veći efekt razlike

manja preciznost



# ANALIZA SNAGE STATISTIČKOG TESTA

*(engl. POWER ANALYSIS)*

statistički dizajn studije

- Kako velik uzorak je potreban za precizan i pouzdan statistički zaključak?
- Koliko je vjerojatno da će statistički test detektirati određeni efekt u specifičnoj situaciji?

# ANALIZA SNAGE STATISTIČKOG TESTA

## STATISTIČKI TEST ZNAČAJNOSTI – POGREŠKE:

- **Greška tipa I** = odbacujemo istinitu nul-hipotezu
  - $\alpha$  (alpha) = maksimalna šansa (vjerojatnost) da se načini greška tipa I = *razina značajnosti statističkog testa* → odbacujemo nul-hipotezu ako  $P < \alpha$
  - moramo odlučiti koju vrijednost će imati  $\alpha$  prije nego prikupljamo podatke → konvencionalna vrijednost je 0,05; restriktivnija vrijednost je 0,01


# ANALIZA SNAGE STATISTIČKOG TESTA

- **Greška tipa II** = prihvaćamo neistinitu nul-hipotezu, i zaključujemo da nema efekta kada on stvarno postoji
  - $\beta$  (beta) = šansa da se načini greška tipa II
- **(1-  $\beta$ ) = snaga testa (“power”)**
  - = vjerojatnost odbacivanja neistinite nul-hipoteze, tj. šansa (u %) detektiranja, kao statistički značajnog, određenog realnog efekta liječenja

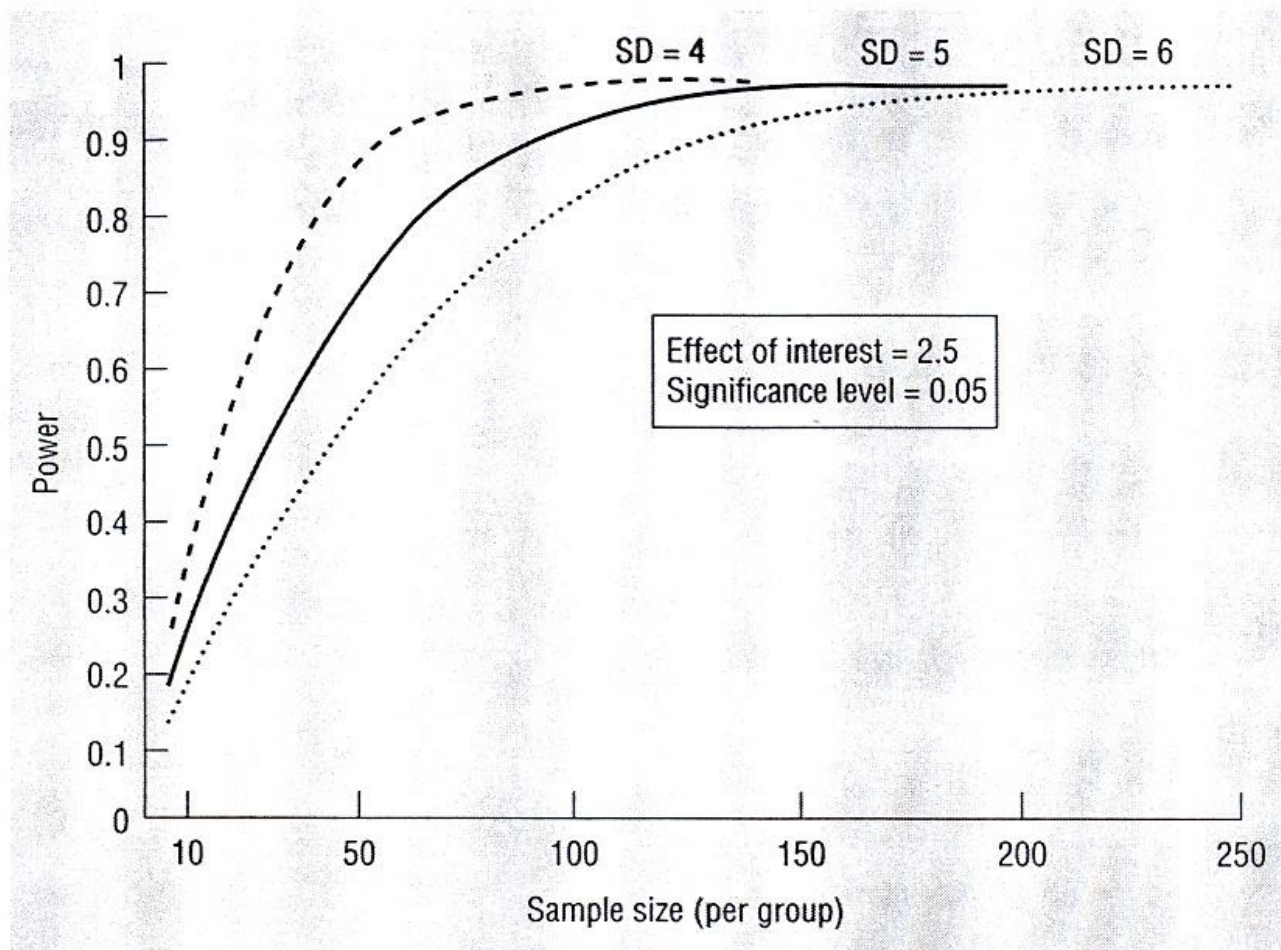
# ANALIZA SNAGE STATISTIČKOG TESTA

- u stadiju planiranja istraživanja
- “dobar” test = snaga bi trebala biti barem **70-80%**
- etički je neprihvatljivo, a također je i gubitak vremena i sredstava, provoditi klinička istraživanja koja imaju samo **40%** šanse otkrivanja realnog efekta liječenja

# ANALIZA SNAGE STATISTIČKOG TESTA

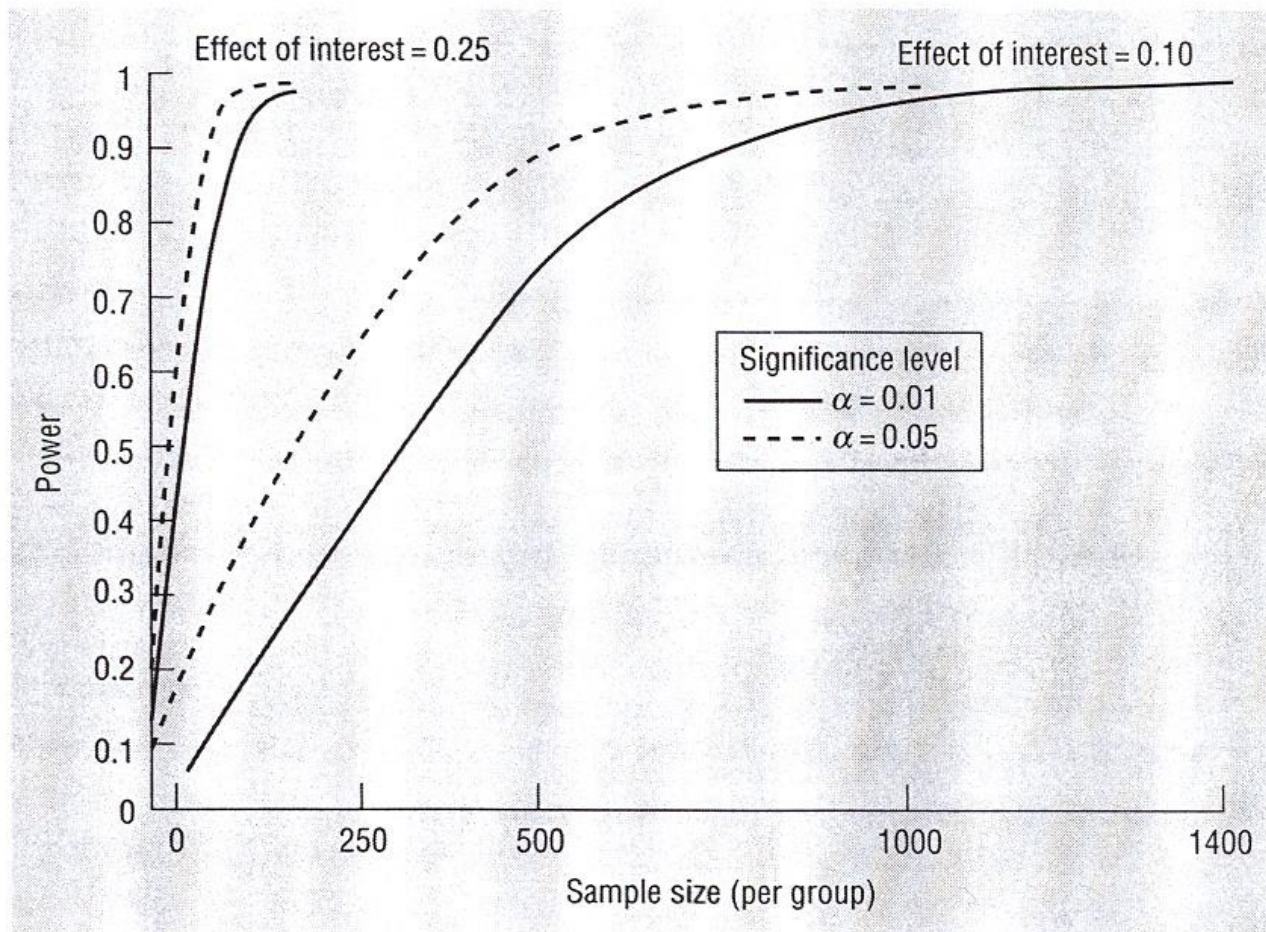
- **Veličina uzorka** 
  - snaga raste kako raste veličina uzorka
- **Varijabilitet opažanja**
  - snaga pada kako raste varijabilitet opažanja
- **Efekt od interesa (razlika)**
  - snaga je veća što je veći efekt
- **Razina značajnost**
  - snaga je veća što je veća razina značajnosti

# Krivulje snage - povezanost između snage i veličine uzorka u svakoj od dvije grupe za usporedbu dvije aritmetičke sredine - t-test za nezavisne uzorke



Izvor: Petrie A, Sabin C. Medical Statistics at a Glance (2nd Ed).  
Oxford: Blackwell Science Ltd, 2005: 45.

# Krivulje snage - povezanost između snage i veličine uzorka u svakoj od dvije grupe za usporedbu dvije proporcije - Hi-kvadrat test



Izvor: Petrie A, Sabin C. Medical Statistics at a Glance (2nd Ed).  
Oxford: Blackwell Science Ltd, 2005: 45.

# OCJENA RIZIKA

- intenzitet povezanosti ispitivanih obilježja → rizik za češće zajedničko pojavljivanje nekih stanja ispitivanih obilježja

## RELATIVNI RIZIK

= rizik izloženih osoba podijeljen s rizikom skupine koja nije izložena “osumnjičenom uzročnom faktoru “ (odnos dviju incidencija)

## ATRIBURIVNI RIZIK

- = rizik izloženih osoba umanjen za rizik neizložene skupine (razlika dviju incidencija) – prikazuje se kao postotak rizika u izloženoj skupini
- = proporcija objašnjivosti rizičnog događaja osumnjičenim rizičnim faktorom



# OCJENA RIZIKA

## ODDS RATIO (“omjer izgleda”)

= omjer vjerojatnosti (šanse) posjedovanja svojstva (“being a case”) u izloženoj skupini i vjerojatnosti (šanse) posjedovanja svojstva (“being a case”) u neizloženoj skupini (aproksimativni relativni rizik)

**INTERVAL POUZDANOSTI OR** – statistički značajan ako su obje granice intervala veće od 1 (veći rizik u izloženoj skupini) ili ako su obje granice intervala manje od 1 (manji rizik u izloženoj skupini)

# OCJENA RIZIKA

	FAKTOR		UKUPNO
	DA	NE	
BOLESNI	a	b	a+b
ZDRAVI	c	d	c+d
UKUPNO	a+c	b+d	a+b+c+d

$$\text{RELATIVNI RIZIK} = \frac{a/(a+c)}{b/(b+d)}$$

$$\text{ATRIBUTIVNI RIZIK} = \frac{a}{a+c} - \frac{b}{b+d}$$

$$\text{ODDS RATIO} = \frac{a \times d}{b \times c}$$

# OCJENA RIZIKA

HLA – B8 (opažene vrijednosti)			
	da	ne	ukupno
bolesnic	22	16	38
kontrola	467	1500	1967
ukupno	489	1516	2005

relativni rizik = 4,26

atributivi rizik = 0,0449-0,01067  
= 0,0344 (77%)

odds ratio = 4,42

# VALJANOST DIJAGNOSTIČKOG TESTA

- postavljanje dijagnoze temelji se na rezultatima dijagnostičkih testova (u najširem značenju tog termina)
- većina tih testova su nesavršeni instrumenti te rade pogreške u oba smjera:
  - **zdrave jedinice mogu klasificirati kao bolesne**
  - **a bolesne kao zdrave**
- stoga je rezultate dijagnostičkih testova uputnije klasificirati kao "**pozitivne**" i "**negativne**" pri čemu "**pozitivan**" znači veću vjerojatnost bolesti, dok je kategoriji "**negativan**" pripisana veća vjerojatnost odsustva bolesti

# VALJANOST DIJAGNOSTIČKOG TESTA

- sposobnost pojedinog dijagnostičkog testa da pravilno klasificira ispitanike u bolesne odnosno zdrave naziva se **valjanost testa**
- koncept valjanosti testa pojavljuje se kako u populacijskim istraživanjima kod probira populacije (engl. screening) tako i pri kliničkom odlučivanju (osobito pri uvođenju novih dijagnostičkih postupaka).
- rezultati dobiveni nekim dijagnostičkim testom u odnosu na stvarno stanje prikazuju se 2\*2 tablicom kontingencije

**True Positive**  
broj stvarno pozitivnih

**False Positive**  
broj lažno pozitivnih

**Stvarno stanje**

		Stvarno stanje		
		bolestan	zdrav	
Test	pozitivan	<b>TP</b>	<b>FP</b>	<b>TP+FP</b>
	negativan	<b>FN</b>	<b>TN</b>	<b>FN+TN</b>
		<b>TP+FN</b>	<b>FP+TN</b>	

**False Negative**  
broj lažno negativnih

**True Negative**  
broj stvarno negativnih

# Stvarno stanje

		Stvarno stanje		
		bolestan	zdrav	
Test	pozitivan	TP	FP	TP+FP
	negativan	FN	TN	FN+TN
		TP+FN	FP+TN	

**osjetljivost =**

$$\frac{\text{TP}}{\text{TP+FN}}$$

=  $\frac{\text{ispravno prepoznati kao bolesni}}{\text{ukupno stvarno bolesni}}$

# Stvarno stanje

		Stvarno stanje		
		bolestan	zdrav	
Test	pozitivan	TP	FP	TP+FP
	negativan	FN	TN	FN+TN
		TP+FN	FP+TN	

**specifičnost** =

$$\frac{\text{TN}}{\text{FP+TN}}$$

ispravno prepoznati kao zdravi

ukupno stvarno zdravi



# Stvarno stanje

		Stvarno stanje		
		bolestan	zdrav	
Test	pozitivan	TP	FP	TP+FP
	negativan	FN	TN	FN+TN

TP+FN      FP+TN

FN

TP+FN

proporcija lažno negativnih =  $\frac{\text{FN}}{\text{TP+FN}}$  = 1 - osjetljivost

# Stvarno stanje

		Stvarno stanje			
		bolestan	zdrav		
Test	pozitivan	TP	FP	TP+FP	
	negativan	FN	TN	FN+TN	
		TP+FN	FP+TN		

proporcija lažno pozitivnih =

$$\frac{\text{FP}}{\text{FP+TN}} = 1 - \text{specifičnost}$$

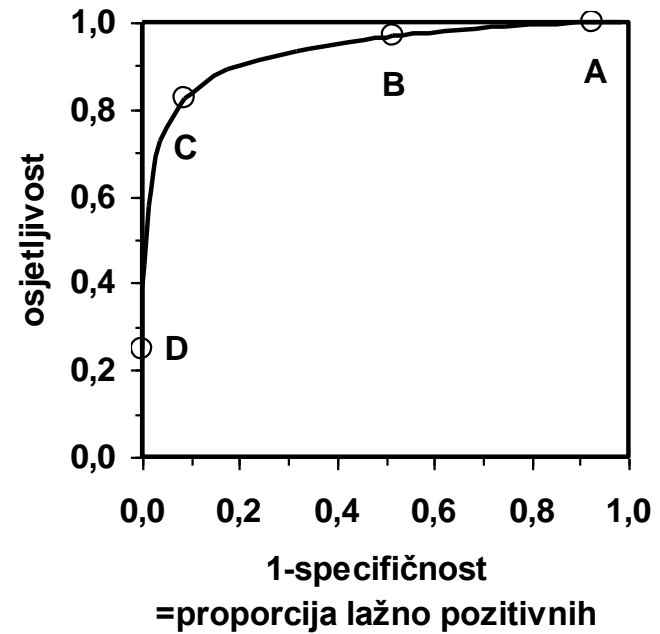
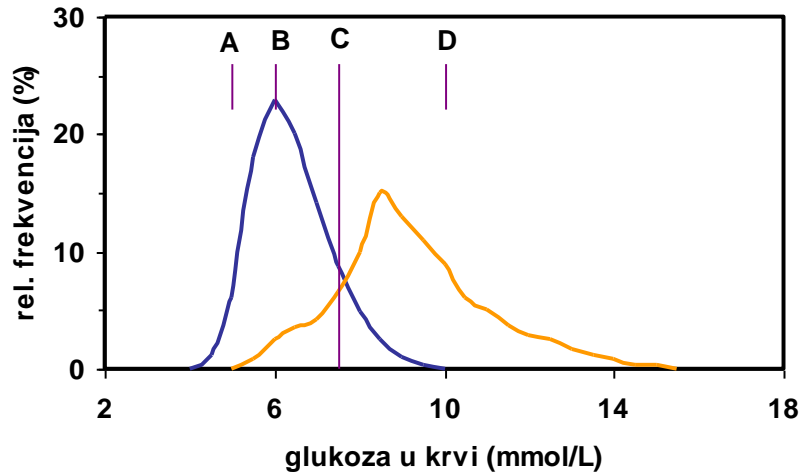
# ROC ANALIZA

- Analiza osjetljivosti i specifičnosti testa ovisno o postavljanju granice koja odvaja “test-pozitivne” od “test negativnih”

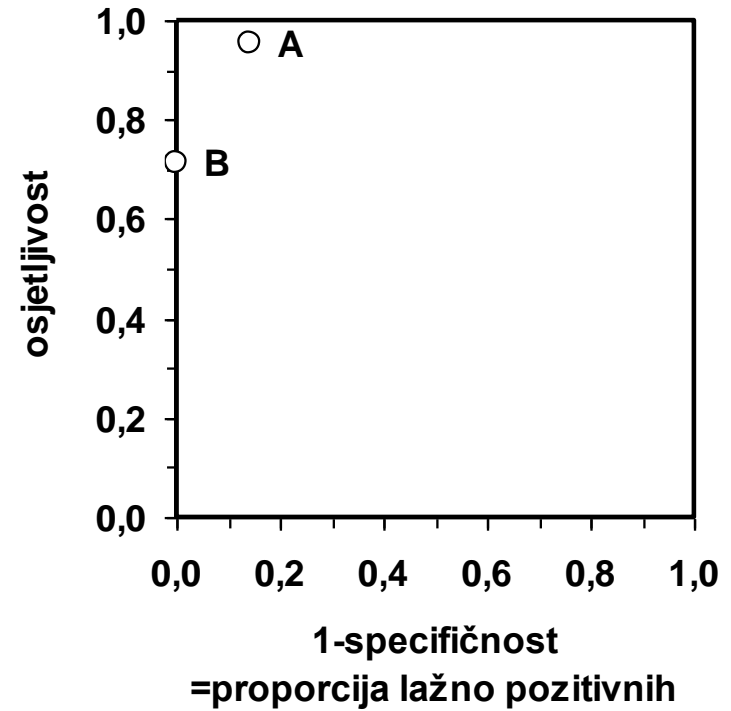
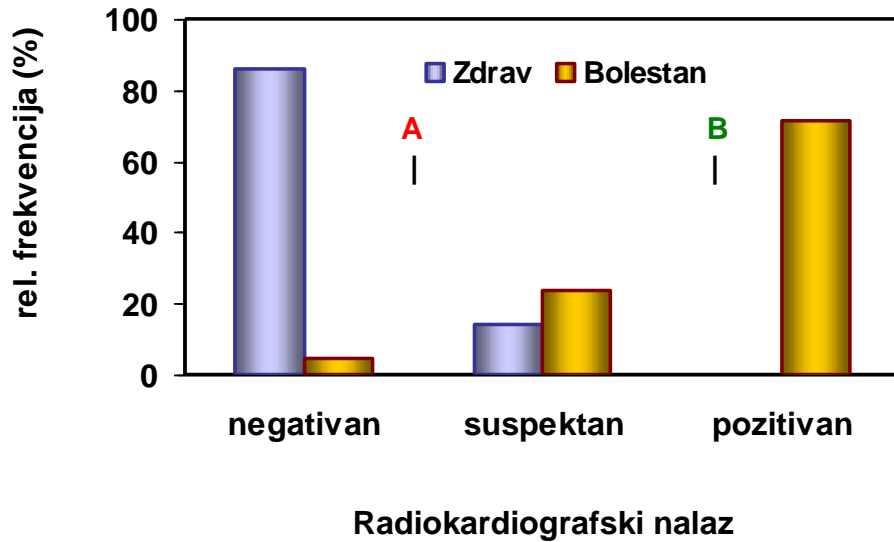
**= ROC analiza**

(engl. Receiver Operating Characteristic Curve)

# ROC ANALIZA



# ROC ANALIZA



# ROC ANALIZA

- **Točnost testa (accuracy)** ovisi o tome kako dobro separira testirane grupe u one s i one bez ispitivane bolesti
- **površina ispod ROC krivulje** = mjera točnosti testa:
  - 0,90-1 = izvrstan test
  - 0,80-0,90 = dobar test
  - 0,70-0,80 = osrednji test
  - 0,60-0,70 = slabiji test
  - 0,50-0,60 = test bez uspjeha

# Stvarno stanje

		Stvarno stanje	
		bolestan	zdrav
Test	pozitivan	TP	FP
	negativan	FN	TN
		TP+FN	FP+TN

TP+FP

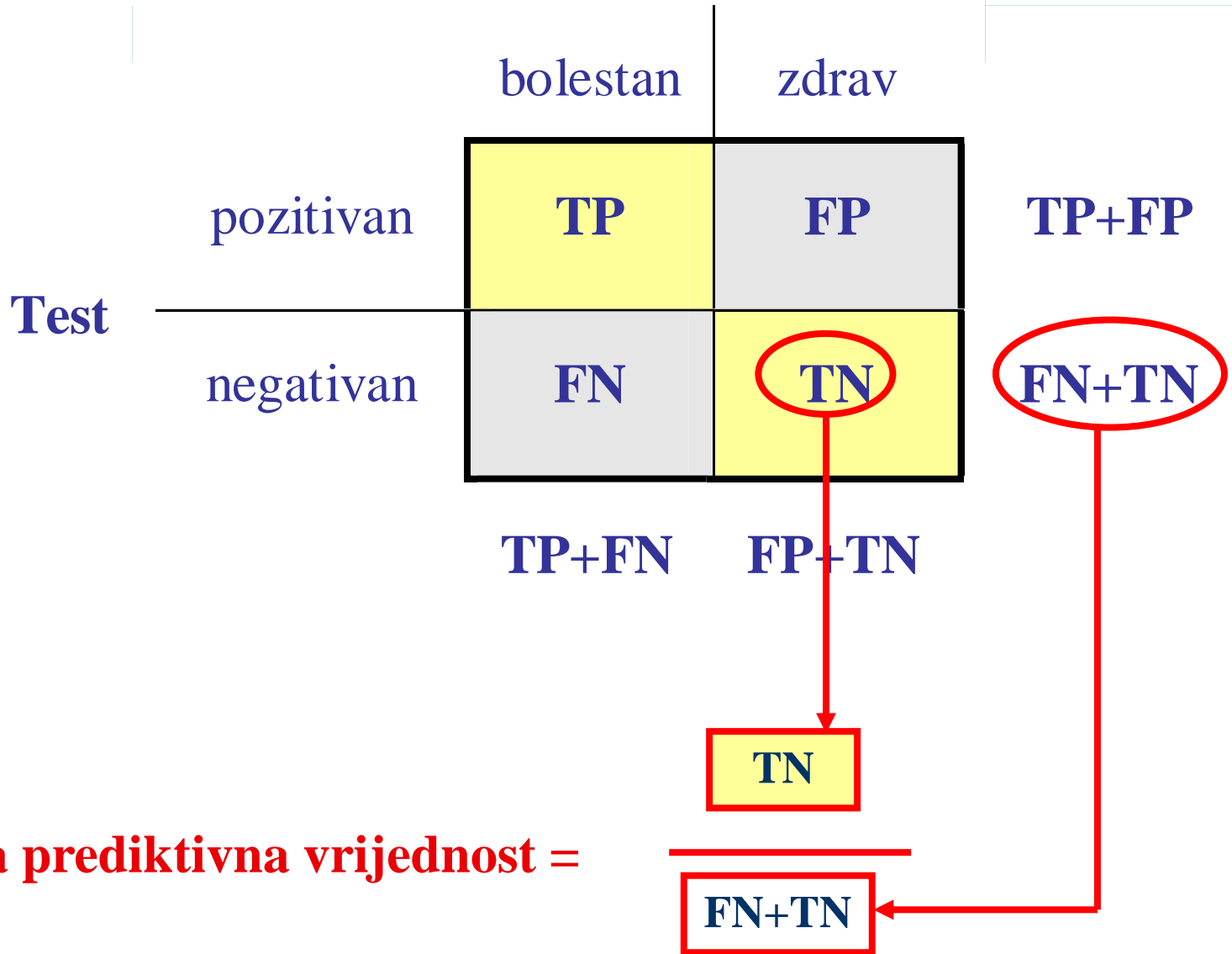
FN+TN

TP

TP+FP

pozitivna prediktivna vrijednost =

# Stvarno stanje



negativna prediktivna vrijednost =



		Stvarno stanje		
		bolestan	zdrav	
Test	pozitivan	90	495	585
	negativan	10	9405	9415
		100	9900	10000

Prevalencija:  $100/10000 = 0,01$  (1%)

Osjetljivost =  $90/100 = 0,9$  (90%)

Specifičnost =  $9405/9900 = 0,95$  (95%)

Pozitivna prediktivna vrijednost =  $90/585 = 0,154$  (15,4%)

Negativna prediktivna vrijednost =  $9405/9415 = 0,999$  (99,9%)

		Stvarno stanje		
		bolestan	zdrav	
Test	pozitivan	54	2	56
	negativan	6	38	44
		60	40	100

Prevalencija:  $60/100 = 0,60$  (60%)

Osjetljivost =  $54/60 = 0,9$  (90%)

Specifičnost =  $38/40 = 0,95$  (95%)

Pozitivna prediktivna vrijednost =  $54/56 = 0,964$  (96,4%)

Negativna prediktivna vrijednost =  $38/44 = 0,864$  (86,4%)