Seminar_5

Zoltan Kekecs

9 oktober 2019

Ket valtozo kapcsolatanak vizsgalata, statisztikai inferencia

Az ora celja

Az ora celja hogy megismerkedjunk a **statisztikai inferencia alapjaival** ket valtozo kapcsolatanak elemzesen keresztul.

Package-ek betoltese

```
if (!require("tidyverse")) install.packages("tidyverse")
library(tidyverse) # for dplyr and ggplot2
```

Adatgeneralas az orahoz

Az alabbi kod **adatokat general** a szamunkra. Az adatgeneralashoz hasznlalt kod megertese ezen a szinten meg nem szukseges.

```
n_per_group = 40

base_height_mean = 164
base_height_sd = 10
base_anxiety_mean = 18
base_anxiety_sd = 2
resilience_mean = 7
resilience_sd = 2

treatment_effect = - 3
resilience_effect = - 0.8

gender_bias = 0.7
gender_effect = - 1
gender_effect_on_height = 12


treatment <- rep(c(1, 0), each = n_per_group)
set.seed(1)

gender_num <- rbinom(n = n_per_group * 2, size = 1, prob = 0.7)
gender <- NA
gender[gender_num == 0] = "female"
gender[gender_num == 1] = "male"
```

```r
set.seed(2)
home_ownership <- sample(c("own", "rent", "friend"), n_per_group * 2, replace = T)

set.seed(3)
resilience <- rnorm(mean = resilience_mean, sd = resilience_sd, n = n_per_group*2)

set.seed(6)
anxiety_base <- rnorm(mean = base_anxiety_mean, sd = base_anxiety_sd, n = n_per_group*2)
anxiety <- anxiety_base + treatment * treatment_effect + resilience * resilience_effect + gender_num *
participant_ID <- paste0("ID_", 1:(n_per_group*2))

set.seed(5)
height_base <- rnorm(mean = base_height_mean, sd = base_height_sd, n = n_per_group*2)
height <- height_base + gender_num * gender_effect_on_height


group <- rep(NA, n_per_group*2)
group[treatment == 0] = "control"
group[treatment == 1] = "treatment"

health_status <- rep(NA, n_per_group*2)
health_status[anxiety < 11] = "cured"
health_status[anxiety >= 11] = "anxious"

data <- data.frame(participant_ID)
data = cbind(data, gender, group, resilience, anxiety, health_status, home_ownership, height)
data = as_tibble(data)

data = data %>%
  mutate(gender = factor(gender))

data = data %>%
  mutate(group = factor(group))

data = data %>%
  mutate(health_status = factor(health_status))

data = data %>%
  mutate(home_ownership = factor(home_ownership))
```

Adatellenorzes

Mint mindig, elemzes elott **ellenorizzuk**, hogy az adattal minden rendben van-e!

Mondjuk hogy az adatok egy randomizalt kontrollalt klinikai kutatas eredmenyeibol szarmaznak, ahol a **pszichoterapia hatekonysagat** teszteltek. Olyan szemelyeket vontak be a kutatasba, akik egy **hurrikan aldozatai** voltak, es **szorongassal** kuszkodtek. A szemelyeknel felmertek a reziliancia szintjet, majd veletlenszeruen osztottak a szemelyeket egy kezelesi vagy egy kontrol csoportba. Ezt kovetoen a kezelesi csoport **pszichoterapiat kapott 6 heten keresztul** heti egyszer, mig a kontrol csoport nem kapott kezelest. A vizsgalat vegen megmertek a szemelyek **szorongasszintjet**, es a klinikai kriteriumok alapjan meghataroztak, hogy a szemely **gyogyultnak, vagy szorongonak** szamit-e.

Lathatjuk, hogy 8 valtozo van az adattablaban.

- participant_ID - reszvevo azonositoja

- gender - nem
- group - csoporttagsag, ez egy faktor valtozo aminek ket szintje van: “treatment” (kezelt csoport), es “control” (kontrol csoport). A “treatment” csoport kapott kezelest, mig a “control” csoport nem kapott kezelest.
- resilience - reziliancia: a nehezsegekkel valo megkuzdes kepessege, ez egy szemlyes kepesseg, olyasmi mint a szemelyisegvonasok
- anxiety - szorongas szint
- health_status - a klinikai kriteriumok alapjan szorongonak vagy gyogyultnak tekintheto a szemely
- home_ownership - lakhatasi helyzet: harom szintje van az alapjan hogy a szemely hol lakik: “friend” - baratnal vagy csaladnal lakik, “own” - sajat tulajdonu lakasban lakik, “rent” - berelt lakasban lakik,
- height - magassag

```
data
```

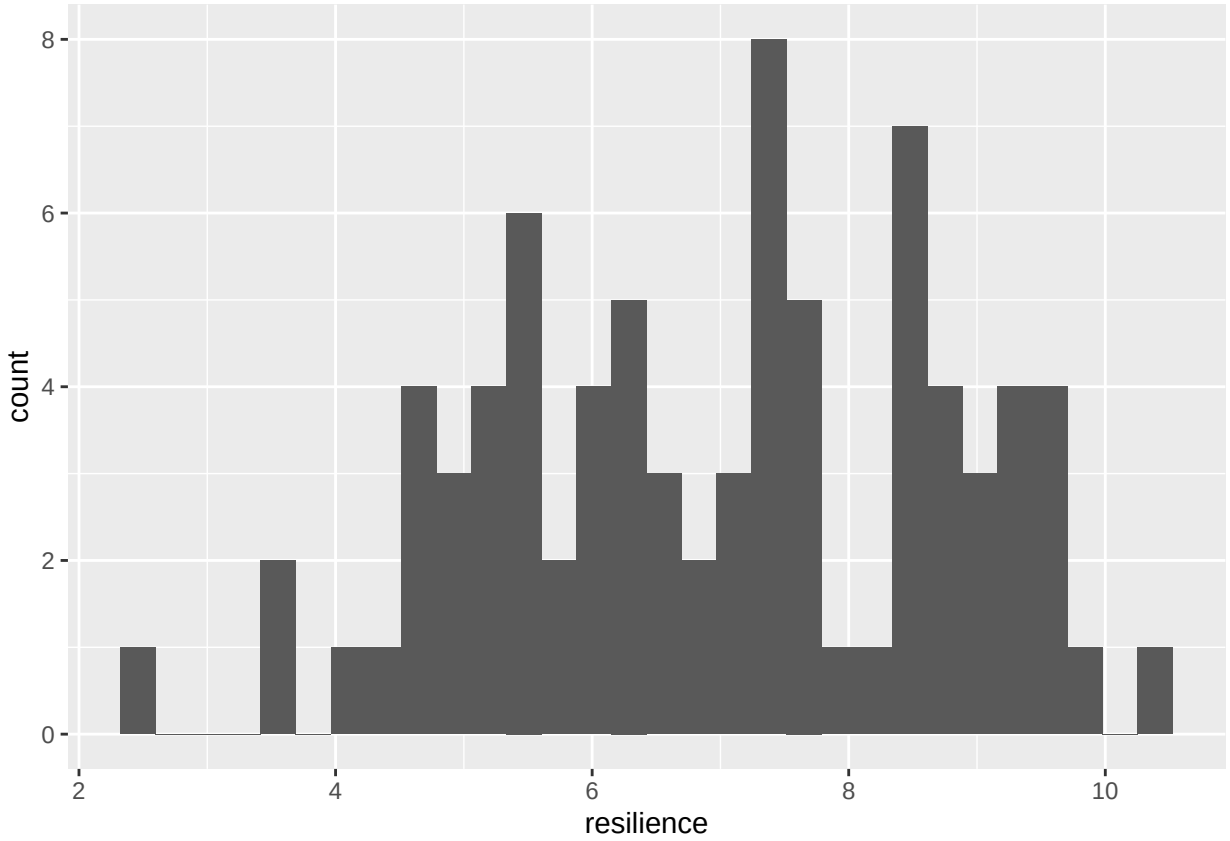
```
## # A tibble: 80 x 8
##    participant_ID gender group resilience anxiety health_status home_ownership
##    <fct>          <fct>  <fct>      <dbl>   <dbl> <fct>         <fct>
##  1 ID_1           male   trea~       5.08   10.5  cured         own
##  2 ID_2           male   trea~       6.41    7.61 cured         friend
##  3 ID_3           male   trea~       7.52    9.72 cured         rent
##  4 ID_4           female trea~       4.70   14.7  anxious       rent
##  5 ID_5           male   trea~       7.39    8.14 cured         own
##  6 ID_6           female trea~       7.06   10.1  cured         own
##  7 ID_7           female trea~       7.17    6.64 cured         own
##  8 ID_8           male   trea~       9.23    8.09 cured         own
##  9 ID_9           male   trea~       4.56   10.4  cured         own
## 10 ID_10          male   trea~       9.53    4.28 cured         rent
## # ... with 70 more rows, and 1 more variable: height <dbl>
```

```
data %>%
  summary()
```

```
##  participant_ID    gender         group      resilience        anxiety
##  ID_1   : 1     female:25   control  :40   Min.   : 2.469   Min.   : 3.914
##  ID_10  : 1     male  :55   treatment:40   1st Qu.: 5.516   1st Qu.: 8.220
##  ID_11  : 1                                Median : 7.124   Median :10.108
##  ID_12  : 1                                Mean   : 6.981   Mean   :10.212
##  ID_13  : 1                                3rd Qu.: 8.479   3rd Qu.:12.255
##  ID_14  : 1                                Max.   :10.398   Max.   :16.706
##  (Other):74
##  health_status home_ownership     height
##  anxious:32    friend:22      Min.   :142.2
##  cured  :48    own   :31      1st Qu.:163.4
##                rent  :27      Median :173.0
##                               Mean   :172.3
##                               3rd Qu.:179.7
##                               Max.   :198.2
##
```

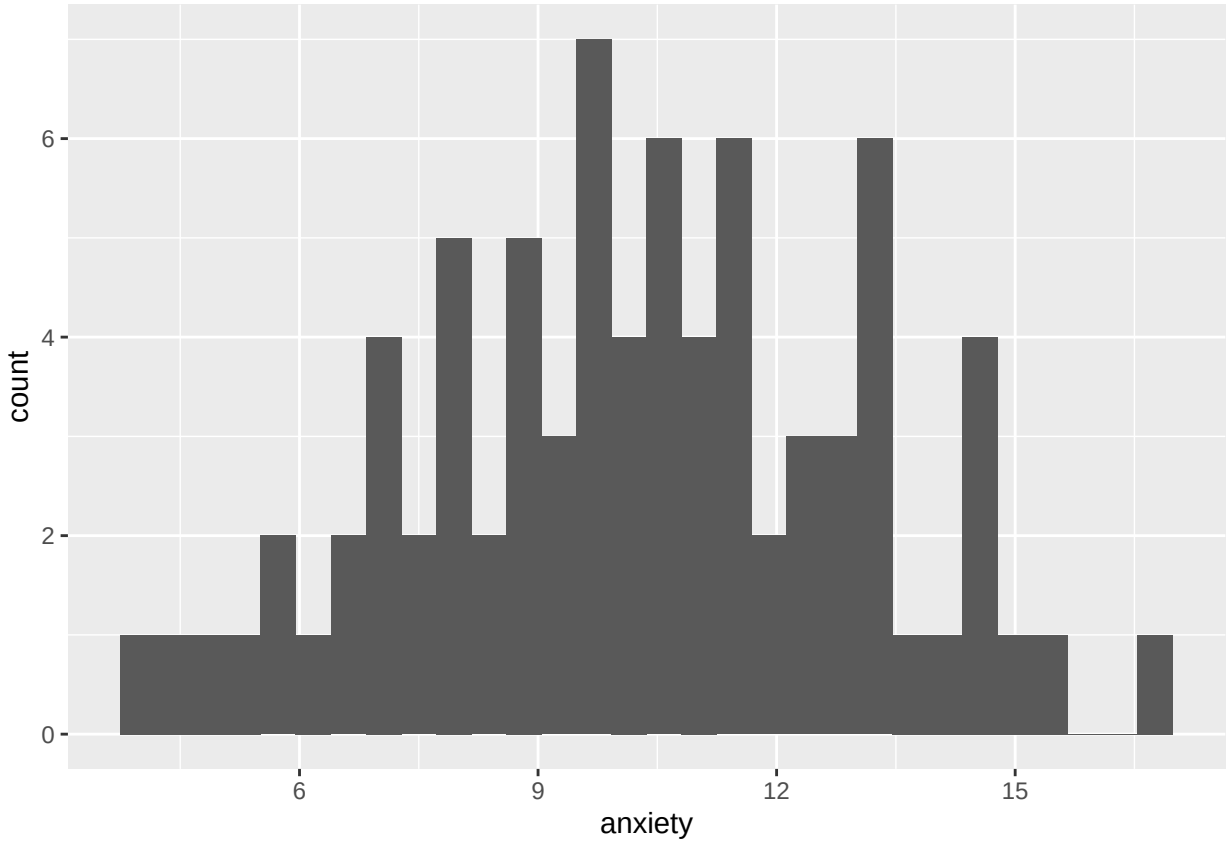
```
data %>%
  ggplot() +
    aes(x = resilience) +
    geom_histogram()
```

```
## `stat_bin()` using `bins = 30`. Pick better value with `binwidth`.
```

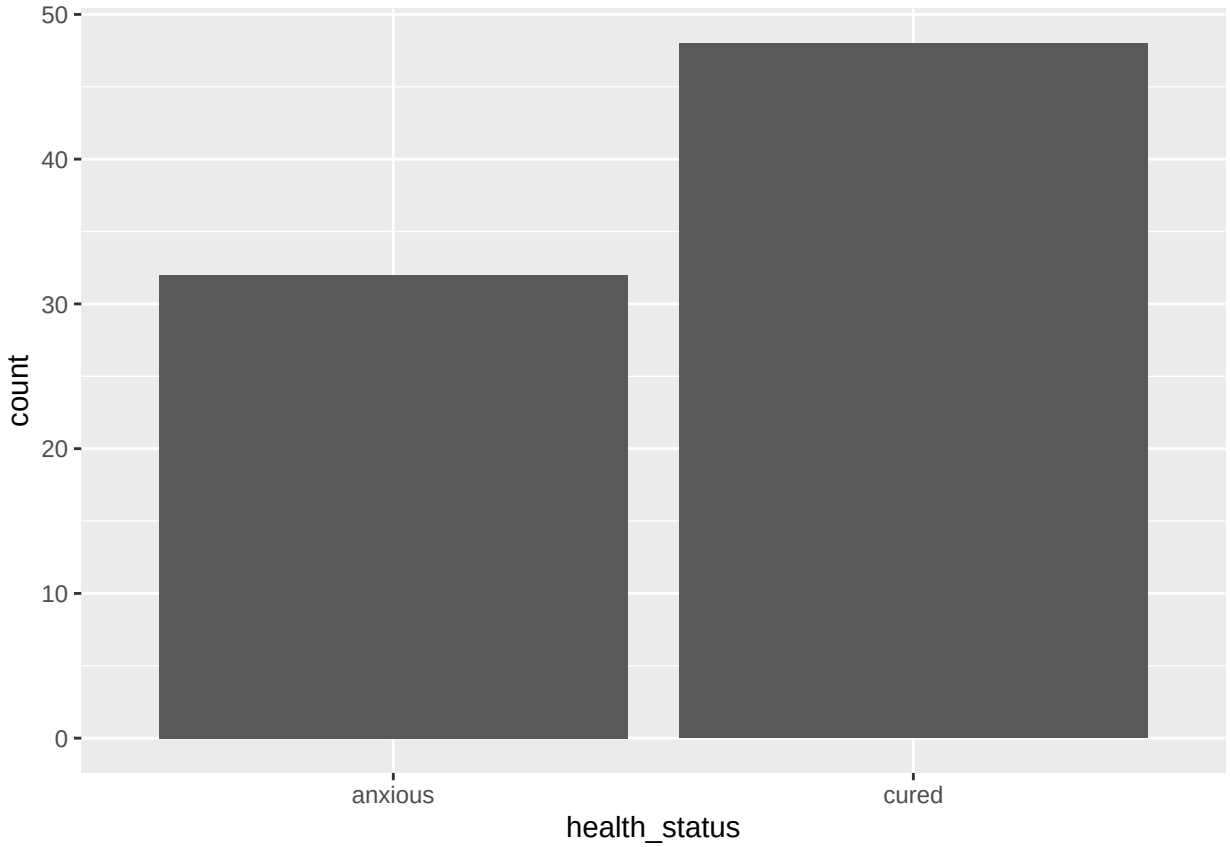



```
data %>%
  ggplot() +
    aes(x = anxiety) +
    geom_histogram()
```

```
## `stat_bin()` using `bins = 30`. Pick better value with `binwidth`.
```




```
data %>%
  ggplot() +
    aes(x = health_status) +
    geom_bar()
```




```
set.seed(Sys.time())
```

Hipotezisek

Vizsgaljuk meg kutatasban szereplo valtozok osszefuggeset a hipotezisek menten.

A kutatas hipotezise a kovetkezok voltak:

1. Tobb a ferfi mint a no ebben a klinikai mintaban (**gender** vs. 50%).
2. A pszichoterapiat kapo csoportban a terapia utan kevesebb lesz a klinikai kriteriumok alapjan szorongonak szamito szemely (**health_status** vs. **group**)
3. A terapias csoportban alacsonyabb lesz a szorongas atlaga a kutatas vegere mint a kontrol csoportban (**anxiety** vs. **group**)
4. A reziliancia es a kutatas vegen mert szorongasszint negativ osszefuggest fog mutatni (vagyis aki reziliensebb, annal alacsonyabb szorongasszintet fognak merni a kutatas vegen) (**anxiety** vs. **resilience**)

Hipotezisteszteles

A statisztikai inferencia, es hipotezis teszteles soran az a celunk, hogy megallapitsuk, letezik-e egy bizonyos hatas vagy kapcsolat. De ezt a **null-hipotezis szignifikancia teszteles (NHST)** soran egy forditott logikaval tesszuk: azt allapitjuk meg, hogy **mekkora a valoszinusege hogy az altalunk megfigyelt hatast (vagy annal meg extremebb hatast) kapjunk, amennyiben a null-hipotezis igaz**.

Egy egyszeru pelda: az a sejtesem, hogy **egy penzerme cinkelt**, megpedig ugy hogy nagy valoszinuseggel **fej** legyen az eredmeny amikor feldobjuk. Ebben az esetben a **null-hipotezisem** az, hogy az **erme nem cinkelt**. Vagyis a null-hipotezis szerint ugyan akkora a valoszinusege fejet es irast kapni eredmenykent.

- H1: cinkelt erme (fej fele)

- H0: nem cinkelt erme, vagy iras fele cinkelt

Tegyuk fel hogy 10-szer feldobjuk az ermet, es 9-szer fejet dobunk. Mekkora a valoszinusege, hogy az erme cinkelt? Ezt nem tudjuk megmondani. Tobbek kozott azert sem mert nem tudjuk, mennyire lehet cinkelve. Viszont azt meg tudjuk mondani, hogy mekkora a valoszinusege, hogy ezt az eredmenyt kapnank, ha az erme **NINCS** cinkelve.

Annak a valoszinusege, hogy **legalabb 9-szer** (vagy tobbszor) fejet dobok **10 dobasbol** egy nem cinkelt ermevel, p = 0.0107 (**nagyjabol 1%**). (Ezt a kod reszt nem fontos meg megerteni, a lenyege hogy a pbinom() funkcioval kiszamoltuk a valoszinuseget, hogy 10 feldobasbol legalabb 9 fej lesz).

```
probability_of_heads_if_H0_is_true <- 0.5

heads <- 9
total_flips <- 10
probability_of_result = 1-pbinom(heads-1, total_flips, probability_of_heads_if_H0_is_true)

probability_of_result
```

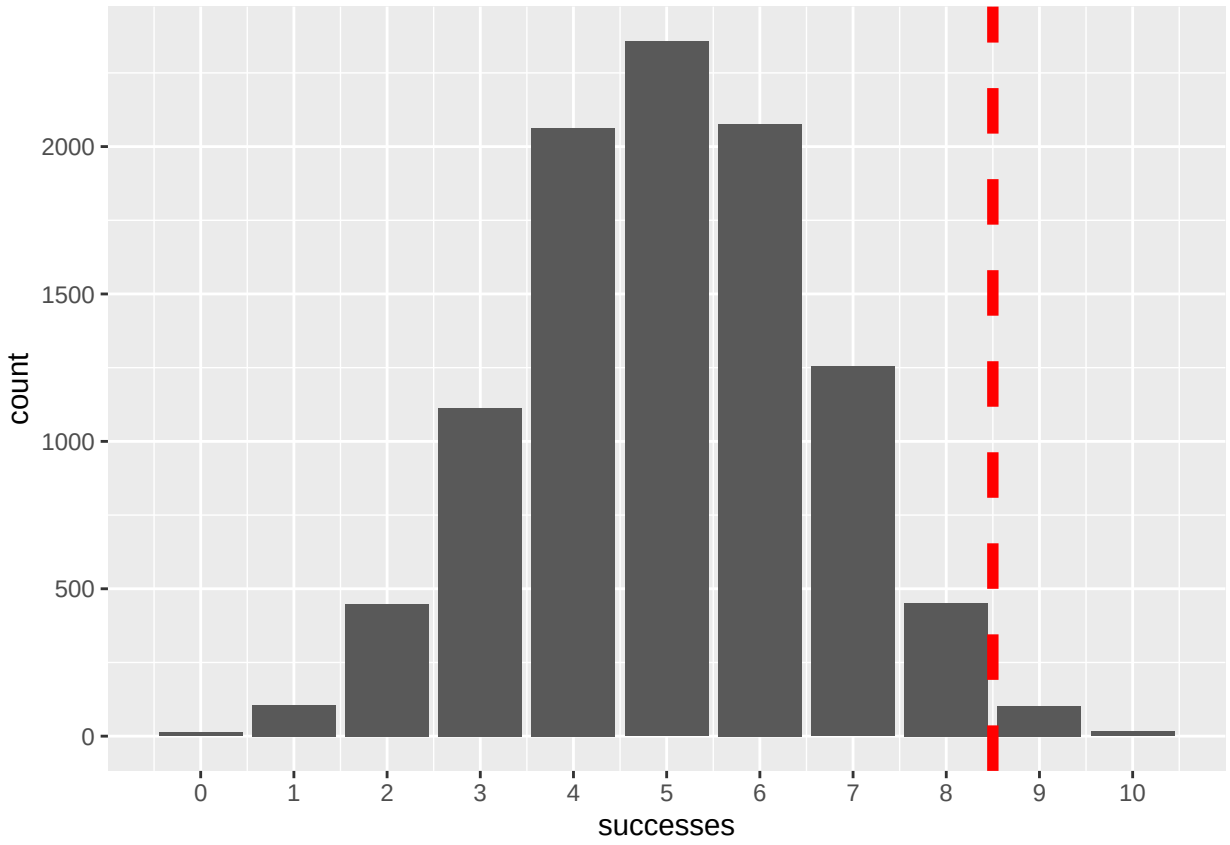
```
## [1] 0.01074219
```

Ez a valoszinuseg **maskepp mondva** azt jelenti, hogy ha ugyan ezt a kiserletet 100 szor megismetelnenk (mindegyikben 10 feldobassal), akkor a 100 kiserletbol csak atlagosan 1-szer varnanak, hogy 9 vagy tobb fejet kapjunk.

Ezt le is ellenorizhetjuk, ha **randomizalunk mondjuk 10.000 hasonlo kiserletet** az rbinom() funkcioval. Az abran lathato hogy csak a kiserletek igen kis szazalekaban kaptunk 9 vagy tobb "sikert". (Ezt a kodreszt sem fontos megerteni, a lenyege hogy az rbinom() funkcioval 10000-szer szimulaltuk, hogy egymas utan 10-szer feldobtunk egy ermet (vagyis hogy veletlenszeruen valasztottunk egy szamot 0 es 1 kozul), ez utan ezt abrazoltuk a ggplot-tal)

```
successes = rbinom(n = 10000, size = 10, prob = 0.5)
random_flips = data.frame(successes)

ggplot(data = random_flips) +
  aes(x = successes) +
  geom_bar()+
  scale_x_continuous(breaks = 0:10)+
  geom_vline(xintercept = 8.5, col = "red", linetype = "dashed", size = 2)
```



Vagyis ez egy eleg meglepo (bar nem lehetetlen) eredmeny, ha az erme nem lenne cinkelve. Amikor NHST-t csinalunk, ez alapjan hozzuk meg a **dontesunket** arrol, hogy **elvetjuk-e** a null-hipotezist, vagy, kello cáfoló bizonyitek hijan **megtartjuk** azt.

A pszichologiaban altalaban $\mathbf{p < 0.05}$ hatarerteket hasznalunk a donteshozasban, vagyis ha egy olyan meglepo eredmenyt figyelunk meg, **aminek a valoszinusege kisebb mint 5% ha a null-hipotezis igaz, akkor elvetjuk a null-hipotezist**. Vagyis a fenti eredmeny eseten elvethetnek a hull-hipotezist, mert a megfigyelt eredmeny (vagy annal extremebb eredmeny) valoszinusege 1% ($p = 0.01$) ha a H0 igaz, ami kisebb mint 5% ($p < 0.05$).

INNENTOL KEZDVE AZ OSSZES KOD MEGERTESE FONTOS

Statisztikai tesztek

Nem kell jonak lennunk valoszinusegszamitasbol hogy jo statistzikai donteseket tudjunk hozni. A megfigyeles valoszinuseget a null-hipotezis helyesseget feltetelezve altalaban egy **statisztikai teszt** mondja meg nekunk. Ezen az oran negy statisztikai tesztet fogunk megismerni.

- binomialis teszt
- khi-negyzet teszt
- korrelacios teszt
- t-teszt

binomialis teszt

A fenti hipotezist pl. tesztelhetjuk a **binomialis teszttel**, aminek R-ben binom.test() a funkcioja. Az x helyere a megfigyelt "celmegfigyelesek" vagy "sikerek" szamat (a mi esetunkben a fejek szamat), az n helyere az osszes megfigyeles szamat, a p helyere pedig a null-hipotezes helyesseget feltetelezve a "celmegfigyelesek"

eleresenek valoszinuseget kell beirni. Ezt valoszinusegkent kell megadni, ami 0 es 1 kozotti szam (0 = 0% esely, 1 = 100% esely)

```
binom.test(x = heads, n = total_flips, p = probability_of_heads_if_H0_is_true, alternative = "greater")
```

```
##
##  Exact binomial test
##
## data:  heads and total_flips
## number of successes = 9, number of trials = 10, p-value = 0.01074
## alternative hypothesis: true probability of success is greater than 0.5
## 95 percent confidence interval:
##  0.6058367 1.0000000
## sample estimates:
## probability of success
##                    0.9
```

Ennek a tesztnek az eredmenye a kovetkezot mutat:

- p-value: p-ertek, annak a valoszinusege, hogy az altalunk megfigyelt, vagy extremebb eredmenyt kapunk, feltetelezve hogy a null-hipotezis helyes. Altalaban ha ez az ertek 0.05 alatti, akkor elvetjuk a null-hipotezist.
- alternative hypothesis: Itt irja le, hogy mi volt a H1, ami a mi esetunkben az volt, hogy a fej valoszinusege nagyobb mint 0.5 (50%). Ez egyben azt is jelenti, hogy a null-hipotezisunk az volt, hogy a fej valoszinusege 0.5.
- 95 percent confidence interval (vagy roviden 95% CI): a 95%-os konfidencia intervallum. Ez azt jelenti, hogy ha a kiserletet sokszor megismeteljuk es ugyan igy kiszamoljuk a konfidencia intervallumot minden kiserletnel, az igy kapott konfidencia intervallumok 95%-a tartalmazni fogja a valos hatasmeretet (ami a mi esetunkben a "siker"/fej valoszinusege). Fontos, hogy nem tudjuk, hogy a mi konkrét kiserletunkban a konfidencia intervallum tartalmazza-e a valos hatasmeretet.
- sample estimates: A "siker" ("celmegfigyeles", a mi esetunkben a fej) valoszinusegenek becsult merteke a populacioban a megfigyelt valoszinuseg alapjan. Ez egy pontbecsles, ami mindig megegyezik a megfigyelt valoszinuseggel.

Az eredmenyt igy irhatjuk le:

"A kutatasunkban 9 fejet figyeltunk meg 10 penzfeldobasbol. Ez alapjan ugy iteljuk, hogy annak a valoszinusege, hogy fejet dobunk az ermevel szignifikansan tobb mint p = 0.5. A fej dobas valoszinusege p = 0.9 volt a mintaban (95% CI = 0.61, 1)."

Gyakorlas

Teszteld a hipotezist, hogy "Tobb a ferfi mint a no ebben a klinikai mintaban" (**gender** valtozo)

- Ezt ugyan ugy teheted meg, mint a fenti peldaban, hiszen a null-hipotezis az, hogy a ferfiak ("male") elvart valoszinusege 50% vagy kevesebb (p = 0.5). Szoval a ferfiak ekvivalensek a "fejekkel" a penzfeldobasos peldaban.
- Meg kell hataroznod a ferfiak szamat a mintaban, es a teljes mintaelemszamot, hogy ki tudd tolteni a binom.test() fuggveny parametereit.
- Ez utan vegezd el a tesztet
- Es ird le a fentiek szerint az eredmenyeket.

Ket kategorikus valtozo kapcsolata: Khi-negyzet proba (Chi-squared test)

A Khi-negyzet proba ket kategorikus valtozo kapcsolatat hivatott megvizsgalni.

Peldaul megvizsgalhatjuk, hogy van-e kapcsolat abban, hogy a szemelyek lakhatasi helyzete (**home_ownership**) es a kozott, hogy a kutatas vegen az egyes szemelyek meggyogyultak-e (**health_status**).

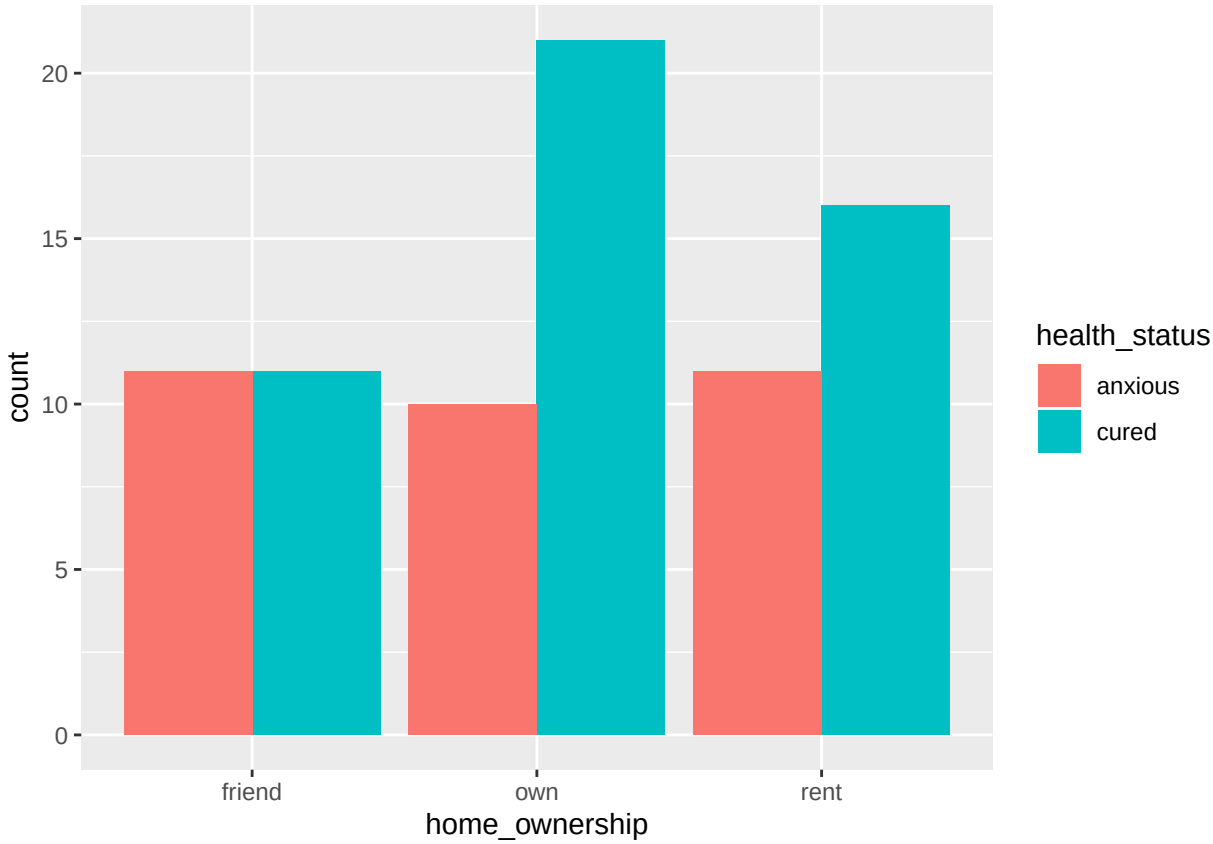
Eloszor feltaro elemzest vegzunk:

- tablazatot rajzolunk a ket valtozo kapcsolatarol
- abrat keszitunk (pl. geom_bar)

```
table(data$home_ownership, data$health_status)
```

```
##
##          anxious cured
##   friend      11    11
##   own         10    21
##   rent        11    16
```

```
data %>%
  ggplot() +
    aes(x = home_ownership, fill = health_status) +
    geom_bar(position = "dodge")
```



Ez utan elvegezzuk a Khi-negyzet probat. Ehhez eloszor keszitenunk kell egy tablazatot a ket valtozo kapcsolatarol, amit egy uj objektumban elmentunk.

A Khi-negyzet proba azt a null-hipotezist teszteli, hogy a csoportokban ugyan olyan a masik kategorikus valtozo eloszlasa (vagyis a mi esetunkben a null hipotezis hogy ugyan olyan aranyban gyogyulnak meg akik baratnal laknak, akiknak sajat lakasuk van, es akik berlik a lakast).

```
ownership_health_status_table = table(data$home_ownership, data$health_status)
ownership_health_status_table
```

```
##
##          anxious cured
##   friend      11    11
##   own         10    21
##   rent        11    16
```

```
chisq.test(ownership_health_status_table)
```

```
##
##  Pearson's Chi-squared test
##
## data:  ownership_health_status_table
## X-squared = 1.697, df = 2, p-value = 0.428
```

Az eredmenyt igy irhatjuk le:

"Nem volt szignifikans elteres abban, hogy a kulonbozo lakhatasi csoportokban (baratnal, sajat lakasban, vagy berlemenyben lakok) milyen aranyban voltak azok akik meggyogyultak a kutatas vegere (X^2 = 1.7, df = 2, p = 0.428)."

Gyakorlas

Teszteld a 2. hipotezist, hogy "A pszichoterapiat kapo csoportban a terapia utan kevesebb lesz a klinikai kriteriumok alapjan szorongonak szamito szemely" (**health_status** vs. **group**)

- Ezt ugyan ugy teheted meg, mint a fenti peldaban, hiszen a null-hipotezis az, hogy nincs kulonbseg a csoporttagsag szerint (treatment vs. control) abban hogy milyen aranyban gyogyultak meg a kutatas vegere.
- Eloszor vegezzunk egy feltaro elemzest egy tablazattal a ket valtozo kapcsolatarol a table() funkcioval es egy abraval (mondjuk geom_bar() hasznalataval)
- A tablazatot mentsd el egy uj objektumba
- Ez utan vegezd el a tesztet, chisq.test()
- Es ird le a fentiek szerint az eredmenyeket.

Egy numerikus valtozo atlaganak kolunbsege csoportok kozott: anova es t-teszt

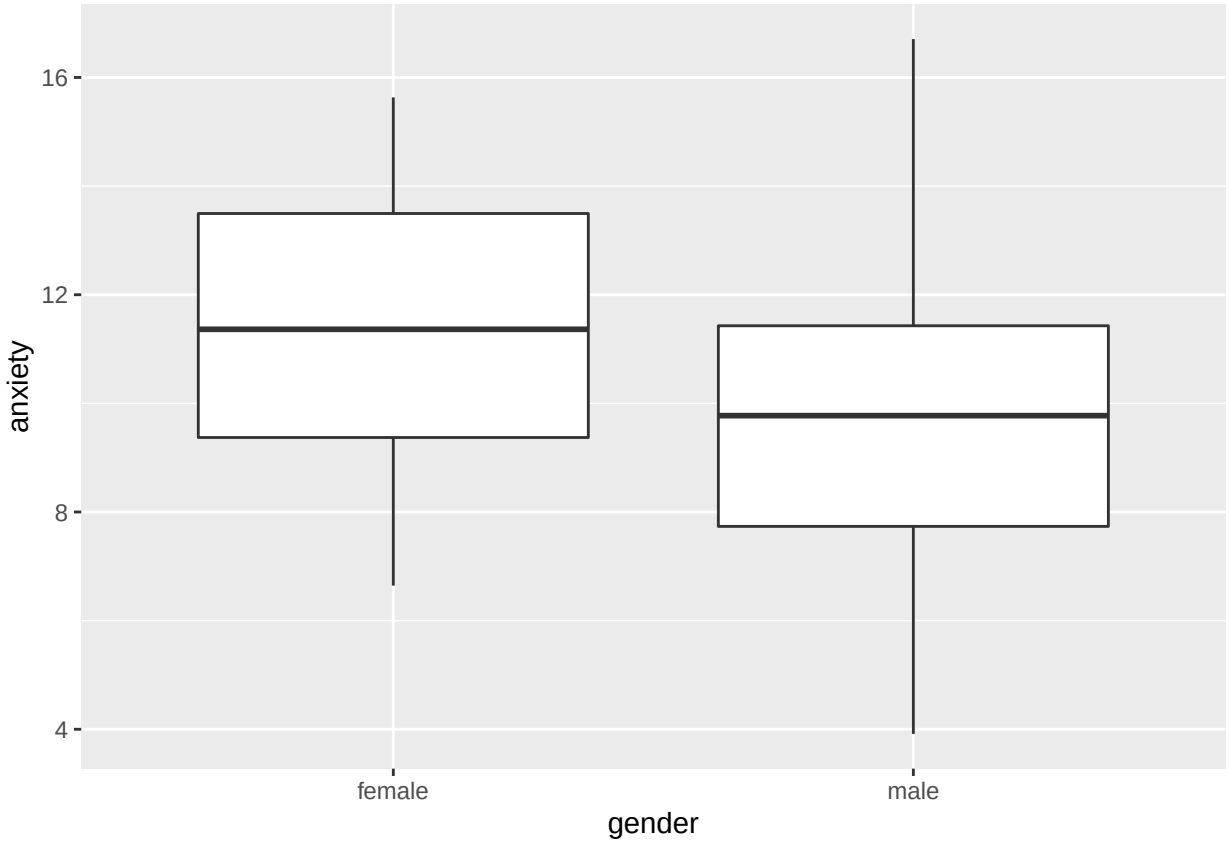
Tesztelhetjuk peldaul, hogy van-e kulonbseg a nemek kozott (**gender**) a kutatas vegen mert szorongas szintjeben (**anxiety**).

Eloszor szokas szerint feltaro elemzest vegzunk atlagok csoportonkenti osszehasonlitasaval es abraval. Erre pl. remek a geom_boxplot() es a geom_density()

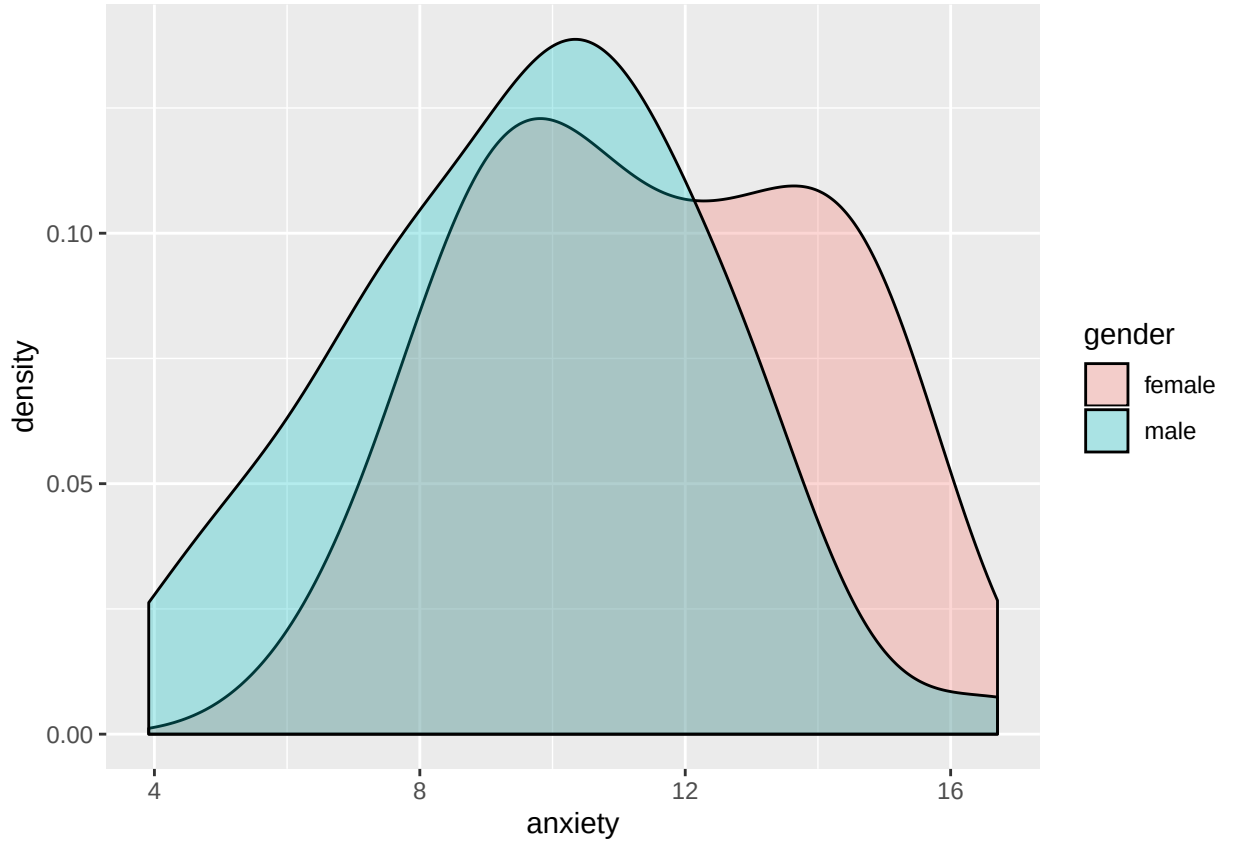
```
summary = data %>%
  group_by(gender) %>%
    summarize(mean = mean(anxiety), sd = sd(anxiety))
summary
```

```
## # A tibble: 2 x 3
##   gender  mean    sd
##   <fct>  <dbl> <dbl>
## 1 female 11.5   2.58
## 2 male    9.64  2.70
```

```
data %>%
  ggplot() +
    aes(x = gender, y = anxiety) +
    geom_boxplot()
```




```
data %>%
  ggplot() +
    aes(x = anxiety, fill = gender) +
    geom_density(alpha = 0.3)
```



Lathatjuk a feltaro elemzes alapjan, hogy a nok szorongasszintje nagyobb valamivel mint a ferfiake atlagosan. Most nezzuk meg, ez a kulonbseg statisztikailag szignifikans-e.

Arra, hogy meghatarozzuk van-e kulonbseg ket csoport kozott valamilyen numerikus valtozo atlagaban, hasznalhatjuk a t-tesztet, t.test().

```
t_test_results = t.test(anxiety ~ gender, data = data)
t_test_results
```

```
##
##  Welch Two Sample t-test
##
## data:  anxiety by gender
## t = 2.8896, df = 48.521, p-value = 0.005751
## alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
##  0.5554417 3.0942134
## sample estimates:
## mean in group female   mean in group male
##            11.466392             9.641564
```

```
mean_dif = summary %>%
    summarize(mean_dif = mean[1] - mean[2])
mean_dif
```

```
## # A tibble: 1 x 1
##   mean_dif
##      <dbl>
```

```
## 1     1.82
```

Az eredmenyt igy irhatjuk le:

"A ferfiak es nok szignifikansan kulonboztek a egymastol a szorongas szintjukben (t = 2.89, df = 48.52, p = 0.006. A csoportok szorongas szintjenek atlaga es szorasa a kovetkezo volt:"nok: 11.47(2.58), ferfiak: 9.64(2.7). A nok atlagosan 1.82 ponttal voltak szorongobbak (95% CI = 0.56, 3.09)."

Ha egy kategorikus valtozon belul tobb csoportunk is van, hasznalhatjuk az egyszempontos ANOVA-t (one-way ANOVA) az aov() funkcioval a t.test() helyett. A formula amit be kell irni ugyan ugy nez ki, mint a t-teszt eseten.

Mondjuk alabb azt teszteljuk hogy van-e kulonbseg a lakhatasi helyzet csoportjai kozott a szorongasszintben. Itt valojaban azt teszteljuk, hogy paronkent akarmelyik csoport kozott van-e szignifikans kulonsbeg.

```
ANOVA_result = aov(anxiety ~ home_ownership, data = data)
summary(ANOVA_result)
```

```
##                Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## home_ownership  2    7.5   3.768   0.481   0.62
## Residuals      77  603.3   7.835
```

Az eredmenyt igy irhatjuk le:

"A lakhatasi csoportonk szerint nem volt szignifikans kulonsbeg a szorongas atlagos szintjeben (F (2 ,77) = 0.48, p = 0.62). A szorongas atlagat es szorasat az egyes csoportok szerinti bontasban lasd az 1. tablazatban"

Alabb lathato, hogyan produkalnank a megfelelo tablazatot a szorongas atlagaval home_ownership csoportok szerint.

```
summary_home_ownership_vs_anxiety = data %>%
  group_by(home_ownership) %>%
    summarize(mean = mean(anxiety), sd = sd(anxiety))
summary_home_ownership_vs_anxiety
```

```
## # A tibble: 3 x 3
##   home_ownership  mean    sd
##   <fct>          <dbl> <dbl>
## 1 friend         10.6   2.93
## 2 own             9.86  2.57
## 3 rent           10.3   2.94
```

Egyoldalu vs. ketoldalu tesztek

Fontos, hogy ha van elozetes elkepzelesunk a hipotezisalkotaskor arrol, hogy milyen iranyu lesz a hatas, akkor egy-oldalu (one-sided) tesztet kell hasznalnunk az alapertelmezett ket-oldalu teszt helyett.

Peldaul tegyuk fel hogy amikor a hipotezisunket meghataroztuk (idealis esetben ez meg az adatgyujtes elott megtortenik), ugy gondoltuk, hogy a noknek magasabb lesz a szorongasszintjuk, mint a ferfiaknak. Ezt az alternative = "greater" parameterrel hatarozhatjuk meg.

Ha osszehasonlitjuk ezt az eredmenyt a korabbi t-teszt eredmenyevel, eszrevehetjuk hogy minden szam valtozatlan maradt, kiveve a p-erteket, ami pontosan felere csokkent, es a 95%-os konfidencia intervallumot, aminek a felso hatara most egy vegtelen nagy szam (inf).

A p-ertek azert felezodott meg, mert azzal, hogy meghataroztuk, melyik iranyban fog a ket csoport kulonbozni egymastol fele akkora lett az eselye hogy a most megfigyelt, vagy annal nagyobb kulonbseget kapunk a null-hipotezis helyesseget feltetelezve. Vagyis amikor tudjuk, milyen iranyu hatast varunk el, mindig erdemes egy-oldalu tesztet alkalmazni, mert ezzel no a statisztikai eronk.

Az egyoldalu tesztek eseten amikor az a hipotezisunk, hogy a referencia-csoport atlaga magasabb lesz, (alternative = “greater”), akkor a konfidencia intervallumnak csak az also hatarat szamoljuk ki. Ezert irja a teszt eredmenye hogy a 95% CI 1.11, Inf, vagyis felfele a vegtelesegig tart a konfidencia intervallum.

```
t_test_results_one_sided = t.test(anxiety ~ gender, data = data, alternative = "greater")
t_test_results_one_sided
```

```
##
##  Welch Two Sample t-test
##
## data:  anxiety by gender
## t = 2.8896, df = 48.521, p-value = 0.002876
## alternative hypothesis: true difference in means is greater than 0
## 95 percent confidence interval:
##  0.7658658       Inf
## sample estimates:
## mean in group female   mean in group male
##            11.466392             9.641564
```

Az eredmenyt igy irhatjuk le:

“A ferfiak es nok szignifikansan kulonboztek a egymastol a szorongas szintjukben (t = 2.89, df = 48.52, p = 0.003. A csoportok szorongas szintjenek atlaga es szorasa a kovetkezo volt:”nok: 11.47(2.58), ferfiak: 9.64(2.7). A nok atlagosan 1.82 ponttal voltak szorongobbak (95% CI = 0.77, inf).”

Nezzuk meg, mi tortenne, ha azt tippeltuk volna a hipotezisalkotaskor, hogy a noknek alacosnyabb lesz a szorongasszintjuk. Ezt ugy hatarozhatjuk meg, hogy a t.test() funkcioban alternative = “less” parametert allitunk be.

A p-ertek itt majdnem eleri az 1-et, vagyis nagyon nagy a valoszinusege, hogy a null-hipotezis helyesseget feltetelezve ilyen, vagy ennel extremebb kulonbseget figyelunk meg. Nem is csoda, hiszen a null hipotezisunk itt az hogy a nok szorongasanak atlaga nem fog kulonbozni, vagy nagyobb lesz mint a ferfiake, es azt tapasztaltuk, hogy valoban nagyobb volt, vagyis a megfigyeles egyaltalan nem segit abban, hogy elutasitsuk a null-hipotezist.

```
t_test_results_one_sided = t.test(anxiety ~ gender, data = data, alternative = "less")
t_test_results_one_sided
```

```
##
##  Welch Two Sample t-test
##
## data:  anxiety by gender
## t = 2.8896, df = 48.521, p-value = 0.9971
## alternative hypothesis: true difference in means is less than 0
## 95 percent confidence interval:
##      -Inf 2.883789
## sample estimates:
## mean in group female   mean in group male
##            11.466392             9.641564
```

Azt is erdemes megjegyezni, hogy a “greater” es a “less” minding a kategorikus valtozo referencia-szintjere vonatkozik. Ha ezt nem allitottuk be maskepp, pl. a factor (levels =) funkcioval, akkor a referencia-szint az ABC sorrendben elorebb levo szint lesz. A fenti esetben a ket szint a “female” es a “male”, amik kozul a “female” jon elobb ABC sorrendben. Ha azt tippeltuk volna, hogy az lenne a hipotezisunk, hogy a ferfiak (“male”) szorongasszintje lesz magasabb, akkor alternative = “less”-t kellene beallitanunk, mert ezzel egyben azt tippeljuk, hogy a referenciaszint (“felame”) atalaga lesz az alacsonyabb. Vagy at kellene allitani a referenciaszintet.

Gyakorlas

Teszteld a 3. hipotezist, hogy "A terapias csoportban alacsonyabb lesz a szorongas atlaga a kutatas vegere mint a kontrol csoportban" (**anxiety** vs. **group**)

- Eloszor vegezzunk egy feltaro elemzest egy tablazattal a ket valtozo kapcsolatarol a summarize(mean(), sd()) funkciokkal, es keszitsunk abrat, mondjuk geom_boxplot() segitsegevel.
- egy- vagy ketoldalu tesztet kell alkalmaznunk? (gondolj arra, hogy a hipotezisunkben megjosoljuk-e a hatas vagy kulonbseg iranyat vagy sem)
- Mi a null-hipotezis ebben az esetben?
- Melyik tesztet erdemes hasznalni, az egyvaltozos ANOVA-t, vagy a t-tesztet? (gondolj arra, hogy hany csoport (szint) van a kategorikus valtozon belul)
- Ez utan vegezd el a tesztet
- Es ird le a fentiek szerint az eredmenyeket.

Ket numerikus valtozo kozotti kapcsolat, korrelacio, cor.test()

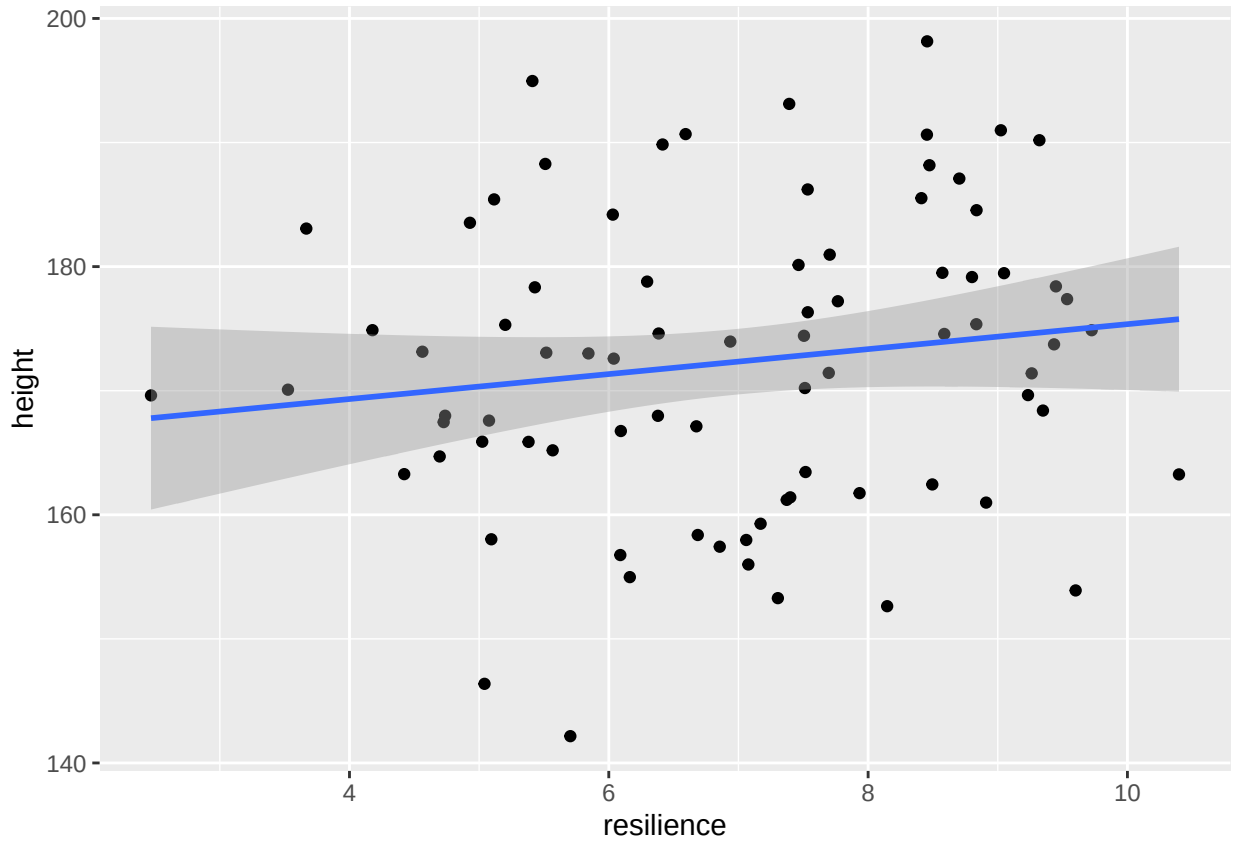
Vizsgaljuk meg, van-e egyuttjaras a reziliencia (**resilience**) es a magassag (**height**) kozott.

Eloszor vegezzunk feltaro elemzest a korrelacios egyutthato kiszamitasaval, es egy pontdiagrammal. Hasznaljunk geom_point() es geom_smooth() geomokat egyszerre, es hasznaljuk az "lm" modszert a trendvonal megrajzolasara.

```
data %>%
  select(resilience, height) %>%
    cor()
```

```
##            resilience    height
## resilience  1.0000000 0.1471229
## height      0.1471229 1.0000000
```

```
data %>%
  ggplot() +
    aes(x = resilience, y = height) +
      geom_point() +
      geom_smooth(method = "lm")
```



A ket valtozo fuggetlennek tunik egymastol a feltaro elemzes alapjan, de elkepzelheto, hogy a hatas, barmilyen kicsit is, megis statisztikailag szignifikans, szoval vegezzuk el a statisztikai tesztet is.

Ezt a pearson korrelacios teszt segitsegevel tehetjuk meg, cor.test() a kovetkezo keppen:

```
correlation_result = cor.test(data$resilience, data$height)
correlation_result
```

```
##
##  Pearson's product-moment correlation
##
## data:  data$resilience and data$height
## t = 1.3136, df = 78, p-value = 0.1928
## alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
##  -0.07501901  0.35535288
## sample estimates:
##       cor
## 0.1471229
```

Az eredmenyt igy irhatjuk le:

"A reziliencia es a magassag kozott nem talaltunk szignifikans egyuttjarast (r = 0.15, 95% CI = -0.08, 0.36, df = 78, p = 0.193)"

Hasonloan a t-teszthez, a korrelacios teszt eseteben is erdemes egyoldalu tesztet hasznalni amikor a hipotezisunk megmondja a kapcsolat iranyat is, nem csak azt, hogy van kapcsolat a ket valtozo kozott.

Peldaul feltetelezzuk, hogy a ket valtozo kozotti kapcsolat pozitiv lesz. Vagyis egy ember minel magasabb,

annal magasabb a rezilienciaja. Ezt ugy adhatjuk meg a statisztikai teszt specifikaciojakor, hogy a formulahoz hozzatesszuk az alternative = “greater” parametert. Ha az eredmenyt osszehasonlitjuk az elozo korrelacios teszt eredmenyevel, lathatjuk, hogy a p-ertek is megvalozott. A konfidencia intervallumnak itt is csak az also hatara erdekes, a felso hatara a leeheto legmagasabb erteket veszi fel ilyenkor, ami a korrelacional 1.

```
correlation_result_greater = cor.test(data$resilience, data$height, alternative = "greater")
correlation_result_greater
```

```
##
##  Pearson's product-moment correlation
##
## data:  data$resilience and data$height
## t = 1.3136, df = 78, p-value = 0.09641
## alternative hypothesis: true correlation is greater than 0
## 95 percent confidence interval:
##  -0.03922992  1.00000000
## sample estimates:
##       cor
## 0.1471229
```

Gyakorlas

Teszteld a 4. hipotezist, hogy “A reziliancia es a kutatas vegen mert szorongasszint negativ osszefuggest fog mutatni (vagyis aki reziliensebb, annal alacsonyabb szorongasszintet fognak merni a kutatas vegen)” (**anxiety** vs. **resilience**)

- Eloszor vegezzunk egy feltaro elemzest a korrelacios egyutthato meghatarozasaval es egy pontdiagrammal a ket valtozo kapcsolatarol.
- egy- vagy ketoldalu tesztet kell alkalmaznunk? (gondolj arra, hogy a hipotezisunkben megjosoljuk-e a hatas vagy kulonbseg iranyat vagy sem)
- Mi a null-hipotezis ebben az esetben?
- Ez utan vegezd el a tesztet
- Es ird le a fentiek szerint az eredmenyeket.

A statisztikai tesztek eredmenyenek kozleserol altalaban

A statisztikai tesztek eredmenyenek kozlese soran a kovetkezo informaciokat szoktuk megadni altalanossagban. Ez tesztrol tesztre valtozhat, de az alabbiak kozul minel tobb informaciot megadnunk, annal jobb.

- az eredmeny szoveges leirasa
- teszt-statisztika
- szabadsagfok (ez egyszeru teszteknel altalaban az elemszammal is megadhato)
- p-ertek
- hatas merteke (parameterbecsles)
- hatasmertek 95%-os konfidencia intervalluma