

R ile Tanımlayıcı İstatistikler ve Hipotez Testleri

Funda İpekten

13 Mayıs 2022

Kütüphaneleri ve veriyi çağırma

```
library(magrittr)
library(rstatix)
library(ggplot2)
library(forcats)
library(PMCMRplus)
library(readr)
library(dplyr)
library(moments)
```

```
tmp <- read_delim(file = "nafld.txt", col_names = TRUE)
dim(tmp)
```

```
## [1] 40 30
```

```
head(tmp)
```

```
## # A tibble: 6 x 30
##   Gozlem_no Grup Grup2 Yaş Cinsiyet Sigara Ağırlık Boy Bki Bki_grup
##   <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
## 1      1      1      1  40      2      0  93.7  1.6  36.6      1
## 2      2      1      1  33      1      0  95.5  1.84 28.2      0
## 3      3      1      1  51      2      0  65    1.49 29.3      0
## 4      4      1      1  37      1      0  84    1.66 30.5      1
## 5      5      1      2  35      2      0  84    1.6  32.8      1
## 6      6      1      2  37      1      0  98    1.7  33.9      1
## # ... with 20 more variables: Büyük_tansiyon <dbl>, Küçük_tansiyon <dbl>,
## #   İnsülin <dbl>, Glukoz <dbl>, AST <dbl>, ALT <dbl>, MPV <dbl>,
## #   miRNA197 <dbl>, miRNA146b <dbl>, miRNA10b <dbl>, miRNA181d <dbl>,
## #   Ağırlık1 <dbl>, Ağırlık3 <dbl>, Ağırlık6 <dbl>, Bki1 <dbl>, Bki3 <dbl>,
## #   Bki6 <dbl>, Tg1 <dbl>, Tg3 <dbl>, Tg6 <dbl>
```

Değişkenlerin kategorilerini tanımlama

```
tmp <- tmp %>%
mutate(Grup = factor(Grup, levels = c(0, 1), labels = c("Kontrol", "Steatohepatit")),
      Grup2 = factor(Grup2, levels = c(0, 1, 2), labels = c("Kontrol", "nafld_id_yok", "nafld_id_var")),
      Cinsiyet = factor(Cinsiyet, levels = c(1, 2), labels = c("Erkek", "Kadın")),
      Sigara = factor(Sigara, levels = c(0, 1), labels = c("Kullanmayan", "Kullanan")),
      Bki_grup = factor(Bki_grup, levels = c(0, 1)),
```

```

Bki1 = factor(Bki1, levels = c(0, 1), labels = c("Obez olmayan", "Obez olan")),
Bki3 = factor(Bki3, levels = c(0, 1), labels = c("Obez olmayan", "Obez olan")),
Bki6 = factor(Bki6, levels = c(0, 1), labels = c("Obez olmayan", "Obez olan"))

dim(tmp)

## [1] 40 30

head(tmp)

## # A tibble: 6 x 30
##   Gozlem_no Grup      Grup2  Yaş Cinsiyet Sigara Ağırlık  Boy  Bki Bki_grup
##   <dbl> <fct>      <fct> <dbl> <fct>   <fct>   <dbl> <dbl> <dbl> <fct>
## 1      1 1 Steatohepa~ naf1~ 40 Kadın  Kulla~ 93.7 1.6 36.6 1
## 2      2 2 Steatohepa~ naf1~ 33 Erkek  Kulla~ 95.5 1.84 28.2 0
## 3      3 3 Steatohepa~ naf1~ 51 Kadın  Kulla~ 65 1.49 29.3 0
## 4      4 4 Steatohepa~ naf1~ 37 Erkek  Kulla~ 84 1.66 30.5 1
## 5      5 5 Steatohepa~ naf1~ 35 Kadın  Kulla~ 84 1.6 32.8 1
## 6      6 6 Steatohepa~ naf1~ 37 Erkek  Kulla~ 98 1.7 33.9 1
## # ... with 20 more variables: Büyük_tansiyon <dbl>, Küçük_tansiyon <dbl>,
## # İnsülin <dbl>, Glukoz <dbl>, AST <dbl>, ALT <dbl>, MPV <dbl>,
## # miRNA197 <dbl>, miRNA146b <dbl>, miRNA10b <dbl>, miRNA181d <dbl>,
## # Ağırlık1 <dbl>, Ağırlık3 <dbl>, Ağırlık6 <dbl>, Bki1 <fct>, Bki3 <fct>,
## # Bki6 <fct>, Tg1 <dbl>, Tg3 <dbl>, Tg6 <dbl>

```

Tanımlayıcı İstatistikler

Dağılımlar,

- Yer (Location) ölçüleri (Aritmetik ortalama, medyan, mod, kantiller, ...)
- Yaygınlık (Spread) ölçüleri (Varyans, standart sapma, kantiller arası uzaklık, ...)
- Şekil (Shape) Ölçüleri (Çarpıklık, Basıklık)

olmak üzere 3 farklı ölçüm ile temsil edilirler. Bu ölçüler tanımlayıcı istatistikler olarak adlandırılır.

Nicel değişken için tanımlayıcı istatistikler (AST)

```

descAST <- tmp %>%
  group_by(Grup) %>%
  summarise(N = n(), Ortalama = mean(AST), Standart.sapma = round(sd(AST), 2), Medyan = median(AST),
    Q1 = quantile(AST, .25), Q3 = quantile(AST, .75),
    Çarpıklık = round(skewness(AST), 2), Basıklık = round(kurtosis(AST), 2))
print.data.frame(descAST)

```

```

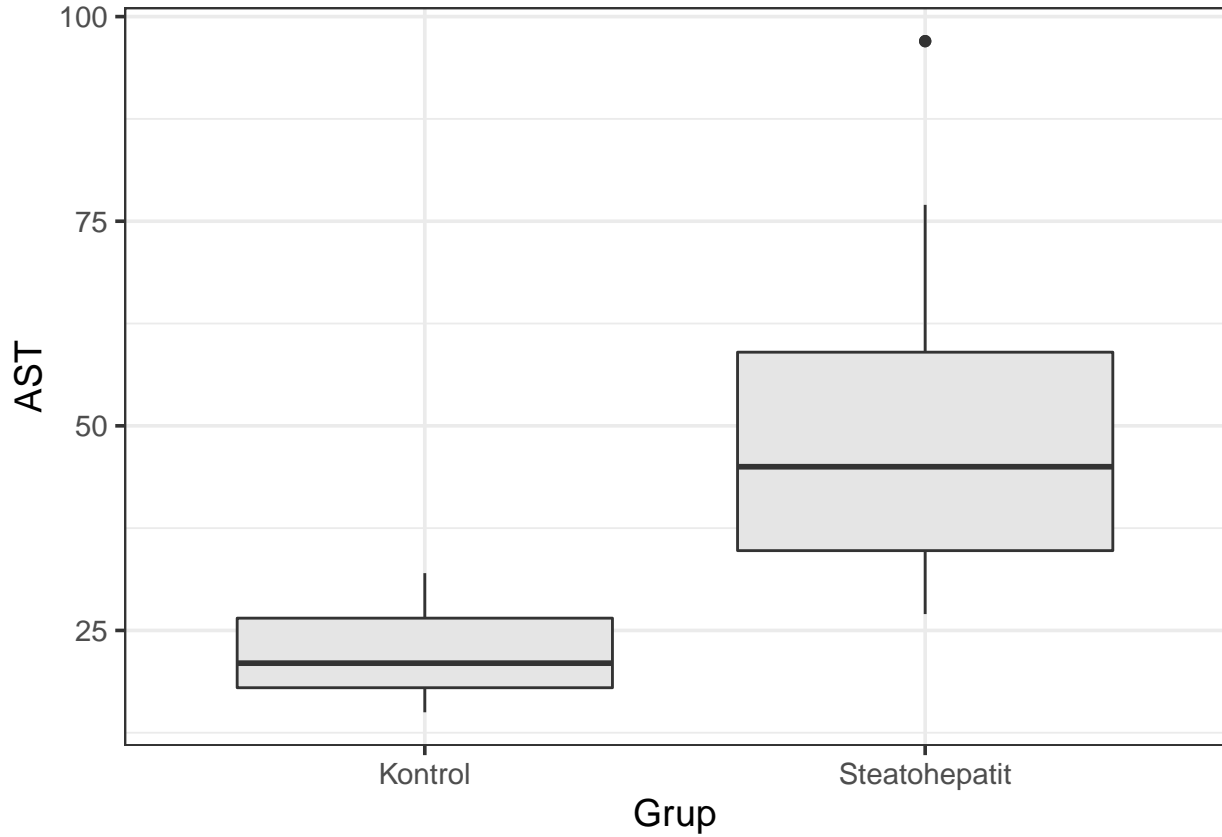
##           Grup  N Ortalama Standart.sapma Medyan    Q1    Q3 Çarpıklık Basıklık
## 1      Kontrol 20   22.50         5.20     21 18.00 26.5         0.34     1.97
## 2 Steatohepatit 20   50.45        20.21     45 34.75 59.0         1.18     3.56

```

```

tmp %>%
  ggplot(aes(x = factor(Grup), y = AST)) +
  geom_boxplot(fill = "gray90") +
  theme_bw(base_size = 14) +
  labs(x="Grup", y="AST")

```



```
# Nitel değişken için tanımlayıcı istatistikler ( Bki_grup)
```

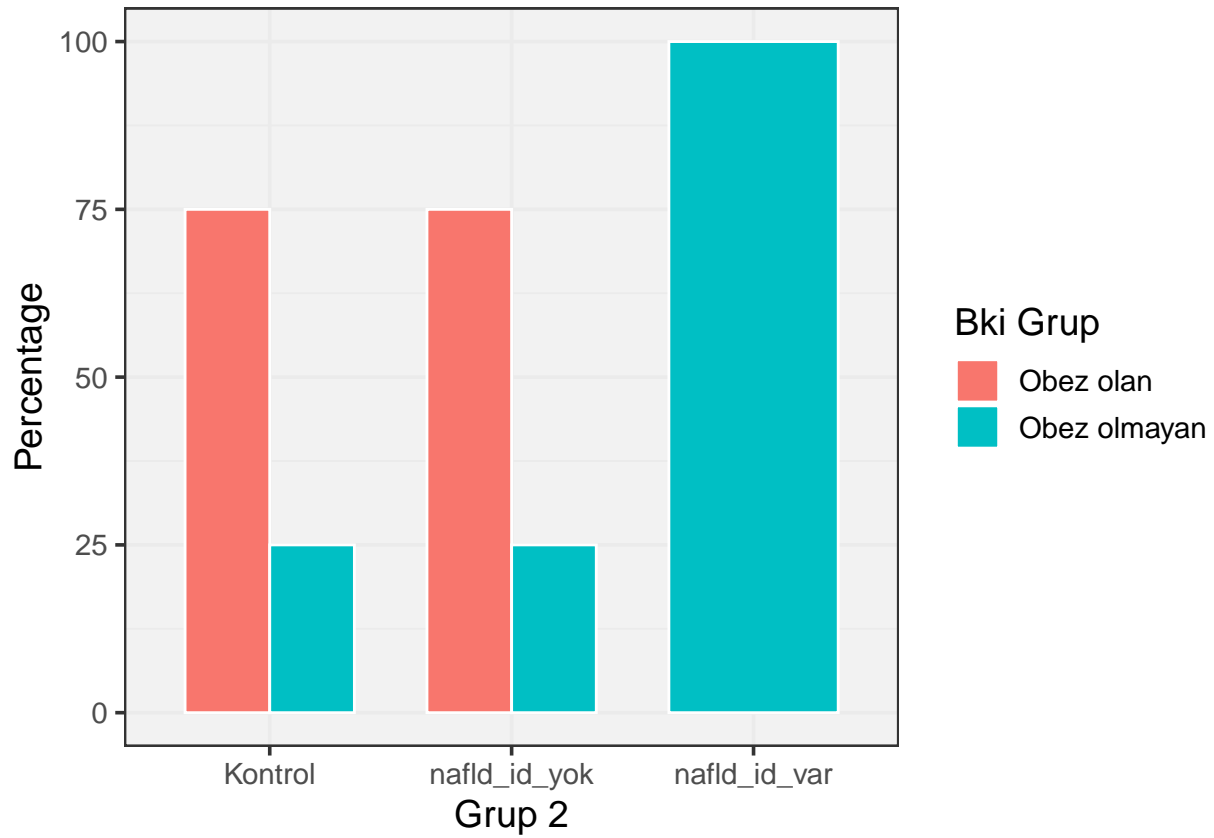
```
tmp %>%
  group_by(Grup2) %>%
  summarise(N = n(), n_obez = sum(Bki_grup == 1), # 1: Obez olan
    Percentage = round(100 * n_obez / N, 2)) %>%
  print.data.frame
```

```
##           Grup2  N n_obez Percentage
## 1      Kontrol 20     5      25
## 2 nafld_id_yok  8     2      25
## 3 nafld_id_var 12    12     100
```

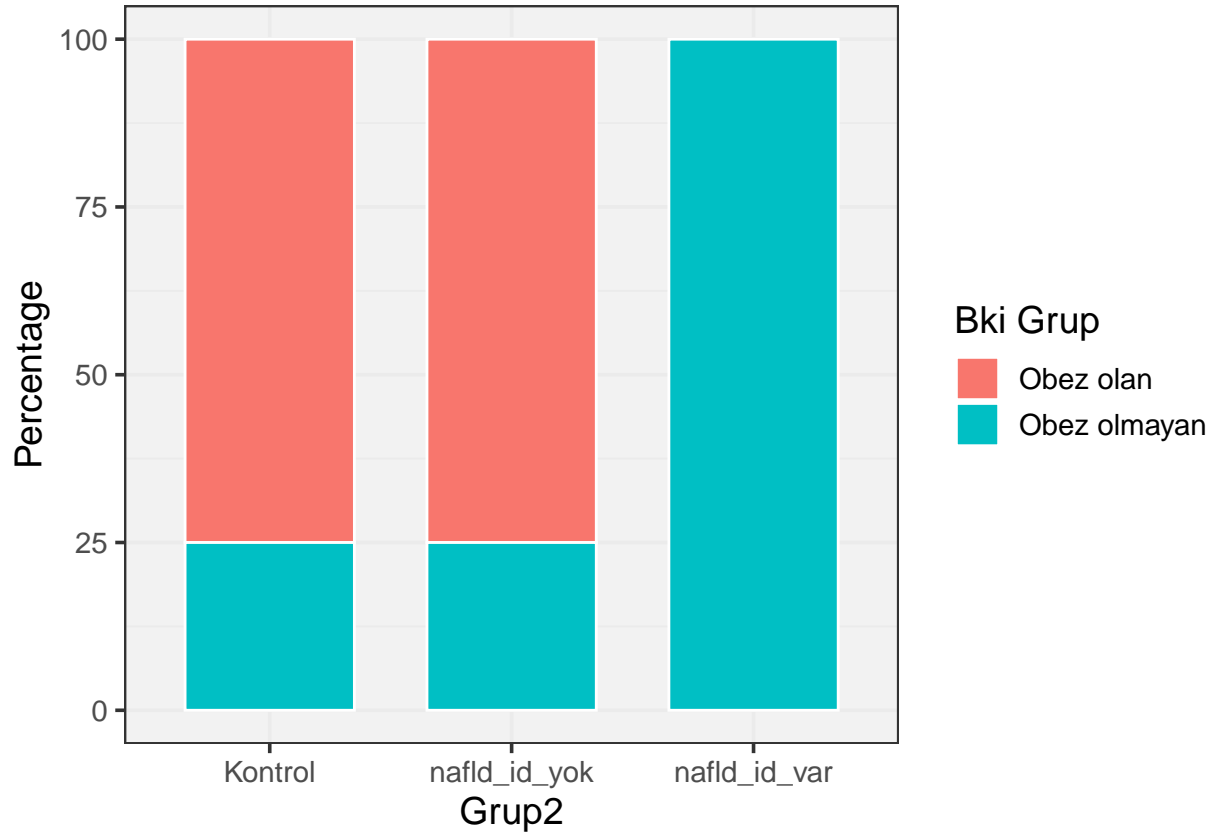
```
# Grouped/Stacked bar graphs.
```

```
tmp %>%
  mutate(Grup2 = factor(Grup2), Bki_grup = factor(Bki_grup)) %>%
  group_by(Grup2, Bki_grup) %>%
  summarise(N = n()) %>%
  group_by(Grup2, .drop = TRUE) %>%
  mutate(Percentage = 100 * N / sum(N)) %>%
  ggplot(aes(x = Grup2, y = Percentage, fill = Bki_grup)) +
    geom_bar(stat = "identity", colour = "white",
      position = position_dodge(), width = .7) +
    theme_bw(base_size = 14) +
    theme(panel.background = element_rect(fill = "gray95")) +
    labs(x = "Grup 2") +
```

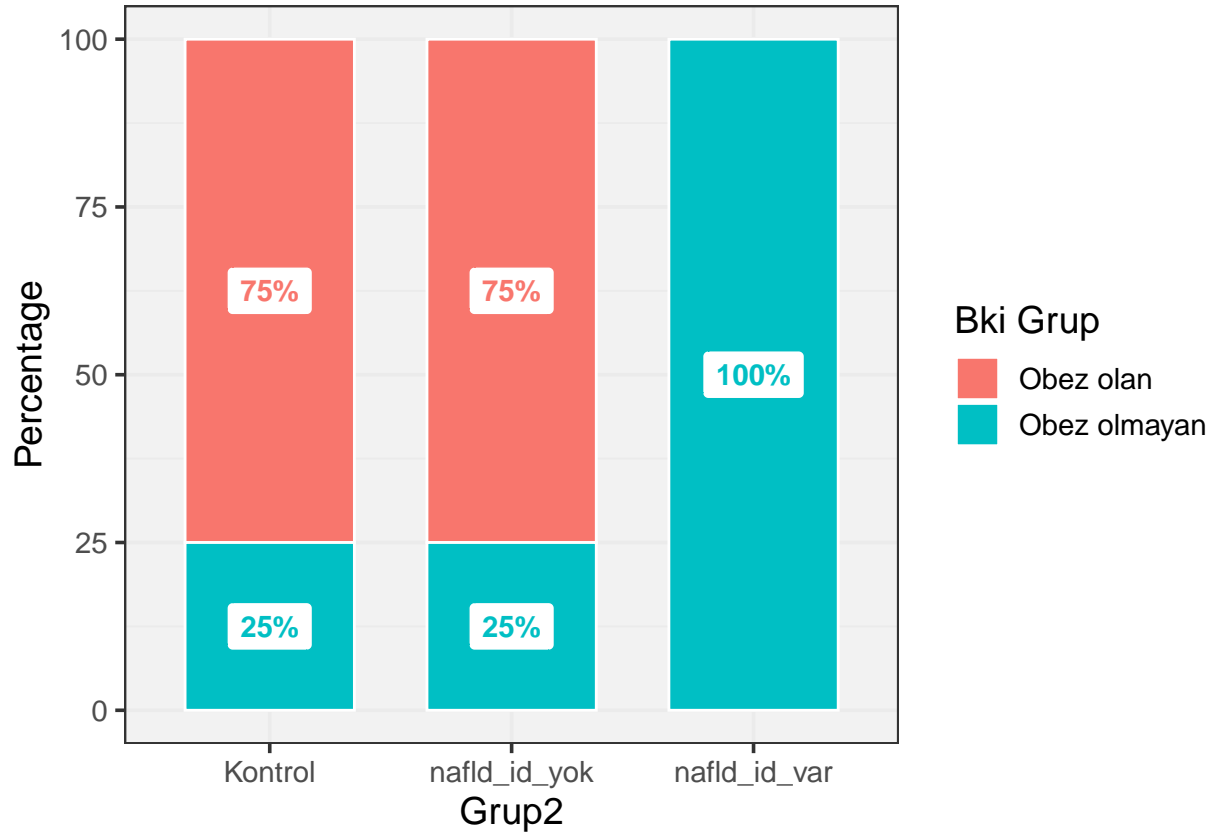
```
scale_fill_discrete(name = "Bki Grup",
  labels = c("Obez olan", "Obez olmayan"))
```



```
# Grouped/Stacked bar graphs.
myplot <- tmp %>%
  mutate(Grup2 = factor(Grup2), Bki_grup = factor(Bki_grup)) %>%
  group_by(Grup2, Bki_grup) %>%
  summarise(N = n()) %>%
  group_by(Grup2, .drop = TRUE) %>%
  mutate(Percentage = 100 * N / sum(N)) %>%
  ggplot(aes(x = Grup2, y = Percentage, fill = Bki_grup)) +
    geom_bar(stat = "identity", colour = "white", width = .7) +
    theme_bw(base_size = 14) +
    theme(panel.background = element_rect(fill = "gray95")) +
    scale_fill_discrete(name = "Bki Grup",
      labels = c("Obez olan", "Obez olmayan"))
print(myplot)
```



```
myplot +  
  geom_label(aes(label = paste0(round(Percentage, 2), "%"), colour = Bki_grup),  
    size = 4, fontface = "bold", fill = "white", show.legend = FALSE,  
    label.padding = unit(0.35, "lines"),  
    position = position_stack(vjust = .50))
```



Normallik Testleri

İstatistiksel analizler çeşitli varsayımlara dayanmaktadır. Bu varsayımlardan bir tanesi de değişkenlerin normal dağılıma sahip olması varsayımdır.

Çoğu zaman bu varsayım ihmal edilerek güvenilir olmayan sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

İstatistiksel yöntemlerin birçoğunda yapılacak analizin türüne bağlı olarak veriler normal dağılıma sahip olmak zorundadır.

Ancak bu varsayımın her zaman sağlanamadığı ve çeşitli sebeplerle zaman zaman verilerin dağılımında normalden sapmaların ortaya çıktığı görülmektedir.

Dağılımın normal olup olmadığı üç farklı yaklaşımdan hareketle ortaya konulabilir. Bu yaklaşımlar;

- Çarpıklık (α_3) ve basıklık (α_4) ölçüleri
- Grafikler (Histogram, Q-Q, P-P, ...)
- Hipotez testleri (Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling, ...)

<http://biosoft.erciyes.edu.tr/app/MVN>

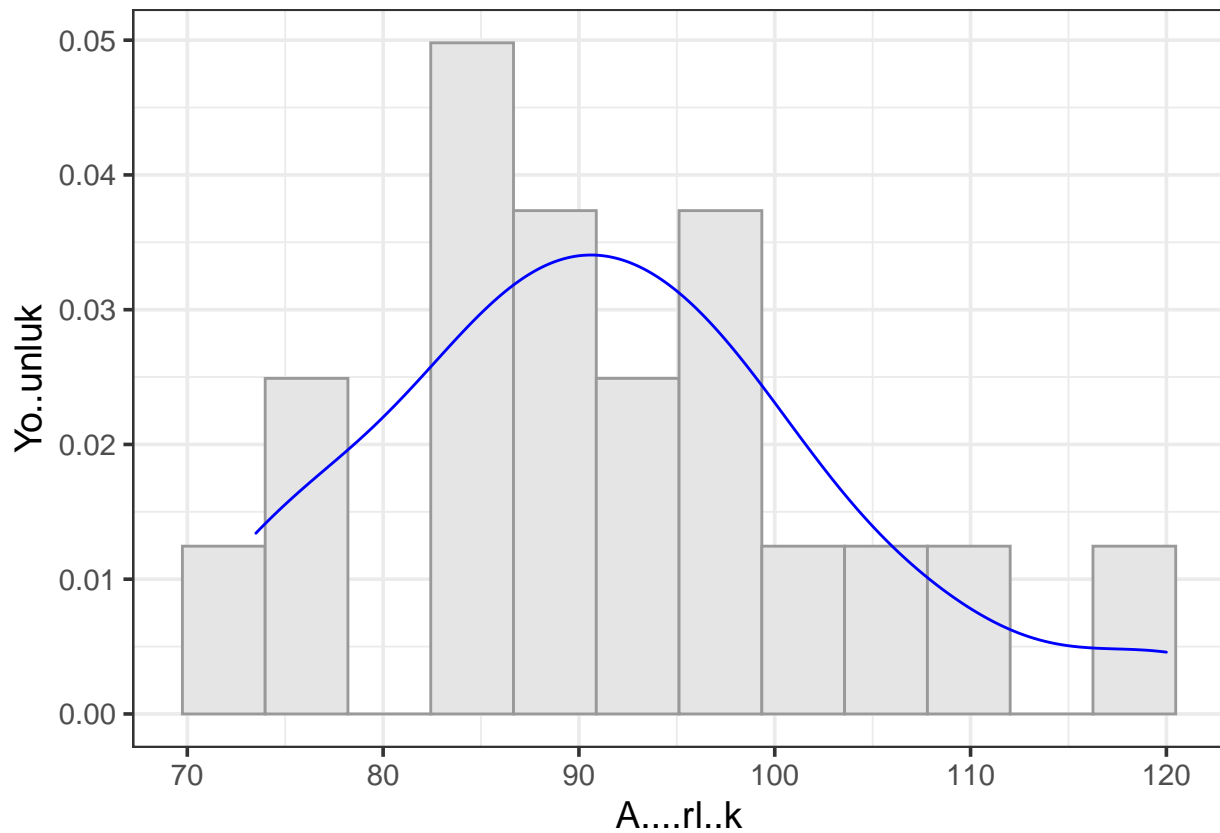
Ağırlığa ait çarpıklık ve basıklık ölçüleri

```
sekil_olcusu <- tmp %>%
  group_by(Grup) %>%
  summarise(N = n(), Çarpıklık = round(skewness(Ağırlık),2),
            Basıklık = round(kurtosis(Ağırlık),2))
print.data.frame(sekil_olcusu)
```

```
##          Grup  N Çarpıklık Basıklık
## 1      Kontrol 20    0.63    3.51
## 2 Steatohepatit 20   -0.15    2.97
```

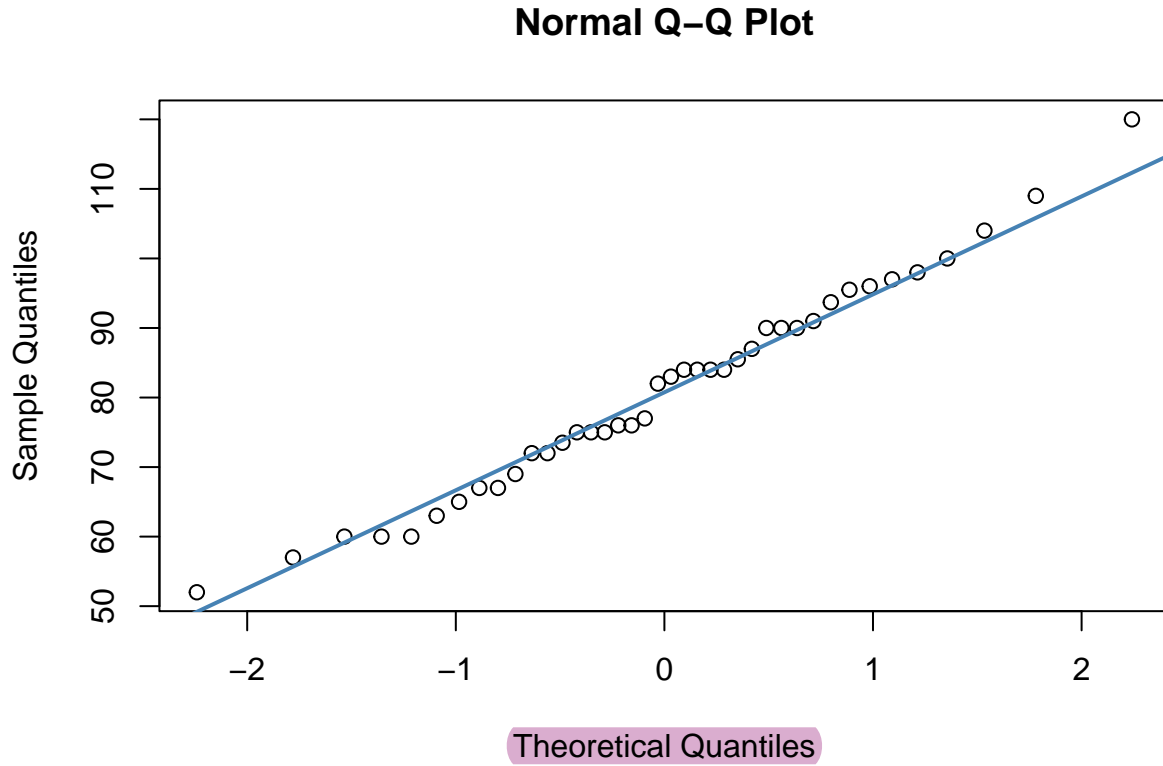
Ağırlığa ait histogram grafiği

```
tmp %>%
  filter(Bki_grup==1)%>%      # 1: Obez olan
  ggplot(aes(x = Ağırlık, y= ..density..))+
    geom_histogram(bins = 12, fill = "gray90", colour = "gray60")+
    geom_density(colour = "blue", linewidth = 2)+
    theme_bw(base_size = 14) +
    labs(y = "Yoğunluk", x = expression("Ağırlık"))
```



Ağırlığa ait Q-Q grafiği

```
qqnorm(tmp %$ Ağırlık, pch = 1, frame = T)
qqline(tmp %$ Ağırlık, col = "steelblue", lwd = 2)
```



```
# Ağırlığa ait Shapiro-Wilk hipotez testi
```

```
# H0: Normal dağılıma uygunluk vardır.
```

```
# (Serinin dağılımı ile normal dağılım arasında istatistiksel bakımdan anlamlı bir fark yoktur.)
```

```
# H1: Normal dağılıma uygunluk yoktur.
```

```
# (Serinin dağılımı ile normal dağılım arasında istatistiksel bakımdan anlamlı bir fark vardır.)
```

```
tmp %>%
  filter(Bki_grup == 1) %$%      # 1: Obez olan
  shapiro.test(Ağırlık)
```

```
##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data: Ağırlık
## W = 0.96649, p-value = 0.7047
```

Hipotez Testleri

Hipotez: Doğruluğu bir araştırma ya da deney ile test edilmeye çalışılan öngörülere, iddialara, hükümlere denir.

Hipotez testleri: Elde edilen değerlerin ya da varılan sonuçların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını (önem taşıyıp taşımadığını) test etmek için başvurulan yöntemdir. Hipotez testlerinde birbirinin zıddı hükümler içeren iki hipotez bulunmaktadır.

Sıfır Hipotezi (Yokluk Hipotezi): Benzerlik, eşitlik, bağımsızlık, ilişkisizlik gibi ifadeler kullanılmaktadır. H_0 sembolü ile gösterilmektedir. Örneklemden elde edilen sonuçların tesadüfe bağlı olduğunu ifade etmektedir.

- H_0 : İdrar yolu enfeksiyonu olan ve olmayan gebelerin CRP düzeyleri birbirine eşittir.

Karşıt Hipotez (Alternatif Hipotez): Farklılığı, eşit olmayan durumu, bağımlılık gibi ifadeler kullanılmaktadır. H_1 sembolü ile gösterilmektedir. Örneklemden elde edilen sonuçların tesadüfe bağlı olmadığını ifade etmektedir.

- H_1 : İdrar yolu enfeksiyonu olan ve olmayan gebelerin CRP düzeyleri birbirine eşit değildir.

Hipotez testleri sonucunda H_0 hipotezi **kabul** veya **red** edilir.

	Type I Error	Type II Error
	Null hypothesis is TRUE	Null hypothesis is FALSE
Reject null hypothesis	Type I Error (False positive)	Correct outcome! (True positive)
Fail to reject null hypothesis	Correct outcome! (True negative)	Type II Error (False negative)

İstatistiksel Karar

Tüm testlerin sonunda, H_0 hipotezinin reddedilmesi halinde düşülecek gerçek hata miktarı (p değeri) belirlenir. Bu değer önceden belirlenmiş olan α değeri ile karşılaştırılır.

- $p < \alpha$ ise H_0 hipotezi reddedilir. Bu karar, örneklemden elde edilen sonuçların istatistiksel açıdan önemli olduğu yani H_1 hipotezinin kabul edildiği anlamına gelir.
- $p > \alpha$ ise H_0 hipotezi kabul edilir. Bu karar, örneklemden elde edilen sonuçların istatistiksel açıdan önemli olmadığı anlamına gelir.

İstatistiksel Önemlilik Testinin Seçim Kriterleri

- Kurulan hipotezde parametre kullanılıp kullanılmamasına,
- Parametre sayısına,
- Örnek(grup) sayısına,
- Örneklemin bağımlı olup olmadığına,
- Test edilecek değişken sayısına bağlı olarak farklı biçimlerde sınıflandırılır.

Test edilen değişken sayısına göre

- Tek değişkenli önemlilik testleri
- Çok değişkenli önemlilik testleri

Kurulan hipotezin parametreye dayalı olup olmadığına göre

- Parametrik önemlilik testleri
- Parametrik olmayan önemlilik testleri

Örneklem sayısına göre

- Tek örneklem testleri
- İki örneklem testleri
- k-örneklem testleri

Örneklemin bağımlı olup olmadığına göre**1. Bağımlı örneklem testleri**

- Bağımlı iki örneklem testleri
- Bağımlı k-örneklem testleri

2. Bağımsız örneklem testleri

- Bağımsız iki örneklem testleri
- Bağımsız k-örneklem testleri

Hipotezin kuruluş biçimine göre

- Ortalamaya dayalı testler
- Orana dayalı testler
- Gözlem sayılarına dayalı testler
- Dağılıma dayalı testler
- Sıralama puanlarına dayalı testler
- Uyuma, uygunluğa dayalı testler
- ...

Tek örneklem t testi (One sample t test)**Varsayımlar**

- Örneklem ilgili kitleden **rastgele** ve **tek örneklem** grubundan seçilmiş olmalıdır.
- İlgili değişken nicel olmalıdır.
- ilgili değişken normal dağılıma uymalıdır.
- Kitle ortalamasının belli bir değere eşit olup olmadığı test edilir.

Örnek: Obez olan grupta ALT düzeyinin ortalamasının 35'e eşit olup olmadığı araştırılmak istenmektedir. İlgili örnek için hipotez aşağıdaki gibidir.

$$H_0 : \mu_{ALT} = 35$$

$$H_1 : \mu_{ALT} \neq 35$$

```
# Tek örneklem t testi
```

```
tmp %>%
  filter(Bki_grup == 1) %>% # 1: Obez olan
  t.test(x = ALT, alternative = "two.sided", mu = 35, conf.level = .95)
```

```
##
## One Sample t-test
##
## data: ALT
## t = 3.144, df = 18, p-value = 0.005612
## alternative hypothesis: true mean is not equal to 35
## 95 percent confidence interval:
## 43.87027 79.60342
## sample estimates:
```

```
## mean of x
## 61.73684
```

İşaret testi (Sign test)

Varsayımlar

- Örneklem ilgili kitleden **rastgele** ve **tek örneklem grubundan** seçilmiş olmalıdır.
- İlgili değişken **nicel** olmalıdır.
- ilgili değişken normal dağılıma uymamalıdır.
- Kitle ortalamasının belli bir değere eşit olup olmadığı test edilir.

Örnek: Obez olan grupta Tg1 düzeyinin ortancasının 150'ye eşit olup olmadığı araştırılmak istenmektedir. İlgili örnek için hipotez aşağıdaki gibidir.

$$H_0 : \mu_{Tg1} = 150$$

$$H_1 : \mu_{Tg1} \neq 150$$

```
# İşaret testi

tmp %>%
  filter( Bki_grup == 1) %$% # 1: Obez olan
  wilcox.test(x = Tg1, alternative = "two.sided", mu = 150, conf.level = .95,
    correct = FALSE, exact = FALSE)

##
## Wilcoxon signed rank test
##
## data: Tg1
## V = 96, p-value = 0.9679
## alternative hypothesis: true location is not equal to 150
```

Bağımsız iki örneklem t testi (Independent two sample t test)

Varsayımlar

- İki örneklem ilgili kitlelerden **rastgele seçilmiş** ve **bağımsız** olmalıdır.
- İlgili değişken **nicel** olmalıdır.
- ilgili değişken her iki grupta da normal dağılıma uymalıdır.
- Grup varyansları **homojen** olmalıdır.
- Bilinmeyen iki kitle ortalaması arasında anlamlı bir fark olup olmadığı test edilir.

Örnek: Sigara içen ve içmeyen bireyler arasında glukoz değişkeninin ortalama farkının sıfıra eşit olup olmadığı araştırılmak istenmektedir. İlgili örnek için hipotez aşağıdaki gibidir.

$$H_0 : \mu_{Sigara(+)} - \mu_{Sigara(-)} = 0$$

$$H_1 : \mu_{Sigara(+)} - \mu_{Sigara(-)} \neq 0$$

```
# Varyans homojenliği Levene testiyle değerlendirilir.

library(DescTools) # For activating LeveneTest

LeveneTest(Glukoz ~ factor(Sigara), data = tmp)
```

```
## Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
##      Df F value Pr(>F)
## group 1  2.4666 0.1246
##      38
```

```
# Bağımsız iki örneklem t testi
```

```
t.test(Glukoz ~ factor(Sigara), var.equal = TRUE, data = tmp)
```

```
##
## Two Sample t-test
##
## data:  Glukoz by factor(Sigara)
## t = -1.204, df = 38, p-value = 0.236
## alternative hypothesis: true difference in means between group Kullanmayan and group Kullanan is not
## 95 percent confidence interval:
##  -16.943300  4.305308
## sample estimates:
## mean in group Kullanmayan      mean in group Kullanan
##                90.90323                97.22222
```

Mann-Whitney U testi (Wilcoxon Rank Sums test)

Varsayımlar

- İki örneklem ilgili kitlelerden **rastgele seçilmiş** ve **bağımsız** olmalıdır.
- İlgili değişken **nicel** değişken olmalıdır.
- ilgili değişken en az bir grupta normal dağılıma uymamalıdır.
- İki kitle ortancaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığı test edilir.

Örnek: Bireylerin Tg1 ortanca değerleri, sigara içen ve içmeyen bireyler arasında farklılık yaratıp yaratmadığı araştırılmak istenmektedir. İlgili örnek için hipotez aşağıdaki gibidir.

$$H_0 : \mu_{Sigara(+)} - \mu_{Sigara(-)} = 0$$

$$H_1 : \mu_{Sigara(+)} - \mu_{Sigara(-)} \neq 0$$

```
# Mann-Whitney U testi
```

```
wilcox.test(Glukoz ~ factor(Sigara), correct = FALSE, data = tmp)
```

```
##
## Wilcoxon rank sum test
##
## data:  Glukoz by factor(Sigara)
## W = 90, p-value = 0.1085
## alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

Tek yönlü varyans analizi (ANOVA)

Varsayımlar

- k>2 örneklem ilgili kitlelerden **rastgele seçilmiş** ve **bağımsız** olmalıdır.
- İlgili değişken **nicel** olmalıdır.
- ilgili değişken tüm alt gruplarda normal dağılıma uymalıdır.
- Grup varyansları **homojen** olmalıdır.

- k adet kitle ortalaması arasında anlamlı bir fark olup olmadığı test edilir.

Örnek: Bireylerin glukoz ortalama değerleri, gruplar arasında farklılık yaratıp yaratmadığı araştırılmak istenmektedir. İlgili örnek için hipotez aşağıdaki gibidir.

$$H_0 : \mu_{nafld(+)} = \mu_{nafld(-)} = \mu_{kontrol}$$

H_1 : En az bir grup ortalaması diğerlerinden farklıdır.

Tek yönlü varyans analizi

```
tmp %>%
  filter(complete.cases(Glukoz, Grup2)) %>%
  aov(Glukoz ~ Grup2, data = .) %>%
  summary()
```

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Grup2      2   1320    660.0    3.902  0.029 *
## Residuals  37   6259    169.2
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Çoklu karşılaştırma (Tek yönlü varyans analizi)

```
tmp %>%
  filter(complete.cases(Glukoz, Grup2)) %>%
  aov(Glukoz ~ Grup2, data = .) %>%
  TukeyHSD()
```

```
## Tukey multiple comparisons of means
## 95% family-wise confidence level
##
## Fit: aov(formula = Glukoz ~ Grup2, data = .)
##
## $Grup2
##               diff          lwr          upr          p adj
## nafld_id_yok-Kontrol 8.325000 -4.958599 21.60860 0.2887930
## nafld_id_var-Kontrol 12.866667  1.271791 24.46154 0.0268128
## nafld_id_var-nafld_id_yok 4.541667 -9.951928 19.03526 0.7265025
```

Kruskal-Wallis

Varsayımlar

- $k > 2$ örneklem ilgili kitlelerden **rastgele seçilmiş** ve **bağımsız** olmalıdır.
- İlgili değişken nicel veya sıralı nitelik değişken olmalıdır.
- ilgili değişken en az bir alt grupta normal dağılıma uymamalıdır.
- k adet kitle ortancaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığı test edilir.

Örnek: Bireylerin Tg1 ortanca değerleri, gruplar arasında farklılık yaratıp yaratmadığı araştırılmak istenmektedir. İlgili örnek için hipotez aşağıdaki gibidir.

$$H_0 : \text{Grup ortancaları birbirine eşittir.}$$

H_1 : En az bir grup ortancası diğerlerinden farklıdır.

```
# Kruskal-Wallis

tmp %>%
  filter(complete.cases(Grup2, Tg1)) %>%
  kruskal.test(Tg1 ~ Grup2, data = .)

##
## Kruskal-Wallis rank sum test
##
## data: Tg1 by Grup2
## Kruskal-Wallis chi-squared = 4.8714, df = 2, p-value = 0.08754

# Çoklu karşılaştırma (Kruskal-Wallis)

kwAllPairsConoverTest(Tg1 ~ Grup2, data = tmp)

##
## Kontrol nafld_id_yok
## nafld_id_yok 0.654 -
## nafld_id_var 0.069 0.566
```

Bağımlı iki örneklem t testi (Eşleştirilmiş t testi)

Varsayımlar

- Örneklem ilgili kitleden rastgele seçilmiş ve bağımlı olmalıdır.
- İlgili değişken **nicel** olmalıdır.
- Bağımlı ölçümler arasındaki farklılık normal dağılıma uymalıdır.
- İki tekrarlı ölçüm ortalaması arasında anlamlı bir fark olup olmadığı test edilir.

Örnek: Diyet öncesi ve sonrası bireylerin ağırlık ortalamalarının farkının sıfıra eşit olup olmadığı araştırılmak istenmektedir. İlgili örnek için hipotez aşağıdaki gibidir.

$$H_0 : \mu_{AğBrLBk1} - \mu_{AğBrLBk3} = 0$$

$$H_1 : \mu_{AğBrLBk1} - \mu_{AğBrLBk3} \neq 0$$

```
# Eşleştirilmiş t testi
#
t.test(tmp$Ağırlık3, tmp$Ağırlık1, paired = TRUE, alternative = "two.sided")

##
## Paired t-test
##
## data: tmp$Ağırlık3 and tmp$Ağırlık1
## t = -5.7862, df = 39, p-value = 1.026e-06
## alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## -3.515642 -1.694358
## sample estimates:
## mean difference
## -2.605
```

Wilcoxon testi

Varsayımlar

- Örneklem ilgili kitleden rastgele seçilmiş ve bağımlı olmalıdır.
- İlgili değişken **nicel** olmalıdır.
- Bağımlı ölçümler arasındaki farklılık normal dağılıma uymamalıdır.
- İki tekrarlı ölçüm ortalaması arasında anlamlı bir fark olup olmadığı test edilir.

Örnek: Diyet öncesi ve sonrası bireylerin trigliserid düzeylerinin farkının sıfıra eşit olup olmadığı araştırılmak istenmektedir. İlgili örnek için hipotez aşağıdaki gibidir.

H_0 : Diyet öncesi ve sonrası bireylerin trigliserit düzeyleri değişmemektedir.

H_1 : Diyet öncesi ve sonrası bireylerin trigliserit düzeyleri anlamlı düzeyde değişmektedir.

```
# Wilcoxon testi
wilcox.test(x = tmp$Tg3, y = tmp$Tg1, mu = 0, alternative = "two.sided",
            paired = TRUE, correct = FALSE, exact = FALSE)

##
## Wilcoxon signed rank test
##
## data: tmp$Tg3 and tmp$Tg1
## V = 281, p-value = 0.128
## alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

Tekrarlı ölçümlerde varyans analizi (Repeated measures ANOVA)

Varsayımlar

- Örneklem ilgili kitleden rastgele seçilmiş ve bağımlı olmalıdır.
- İlgili değişken **nicel** olmalıdır.
- İlgili ölçümler normal dağılıma uymalıdır.
- Küresellik varsayımı sağlanmalıdır.
- 2'den fazla tekrarlı ölçüm ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığı test edilir.

Örnek: Bireylerin ağırlık ortalama değerleri, zamanlar (1.ay, 3.ay ve 6.ay) arasında anlamlı bir fark olup olmadığı araştırılmak istenmektedir. İlgili örnek için hipotez aşağıdaki gibidir.

$H_0 : \mu_{AğBr1Bk1} = \mu_{AğBr1Bk3} = \mu_{AğBr1Bk6}$

H_1 : En az bir ölçümün ortalaması diğerlerinden anlamlı düzeyde farklıdır.

```
# Tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi

library(rstatix)

df <- tmp %>%
  select(Gozlem_no, Ağırlık1, Ağırlık3, Ağırlık6) %>%
  gather(key = "time", value = "score", Ağırlık1, Ağırlık3, Ağırlık6) %>%
  convert_as_factor(Gozlem_no, time)
head(df, 3)

## # A tibble: 3 x 3
##   Gozlem_no time      score
##   <fct>      <fct>    <dbl>
## 1 1      Ağırlık1  93.7
## 2 2      Ağırlık1  95.5
## 3 3      Ağırlık1  65
```

```
res.aov <- anova_test(data = df, dv = score, wid = Gozlem_no, within = time)
get_anova_table(res.aov)

## ANOVA Table (type III tests)
##
##      Effect DFn   DFd       F       p p<.05   ges
## 1    time 1.1 42.79 35.828 1.85e-07 * 0.008

# Çoklu karşılaştırma (Tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi)

pwc <- df %>%
  pairwise_t_test(
    score ~ time, paired = TRUE,
    p.adjust.method = "bonferroni")
pwc

## # A tibble: 3 x 10
##   .y. group1 group2   n1    n2 statistic    df      p    p.adj p.adj.signif
## * <chr> <chr> <chr> <int> <int>    <dbl> <dbl>    <dbl>    <dbl> <chr>
## 1 score Ağırılık1 Ağırıl~   40   40     5.79    39 1.03e-6 3.09e-6 ****
## 2 score Ağırılık1 Ağırıl~   40   40     6.37    39 1.6 e-7 4.8 e-7 ****
## 3 score Ağırılık3 Ağırıl~   40   40     1.57    39 1.24e-1 3.72e-1 ns
```

Friedman testi

Varsayımlar

- Örneklem ilgili kitleden rastgele seçilmiş ve bağımlı olmalıdır.
- İlgili değişken nicel veya sıralı nitelik olmalıdır.
- İlgili ölçümler normal dağılıma uymamalıdır.
- 2'den fazla tekrarlı ölçüm ortancaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığı test edilir.

Örnek: Bireylerin trigliserid ortanca değerleri, zamanlar (1.ay, 3.ay ve 6.ay) arasında anlamlı bir fark olup olmadığı araştırılmak istenmektedir. İlgili örnek için hipotez aşağıdaki gibidir.

H_0 : Zamanlar arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

H_1 : En az bir ölçüm diğerlerinden anlamlı düzeyde farklıdır.

```
# Friedman test

Tg1 <- tmp$Tg1
Tg3 <- tmp$Tg3
Tg6 <- tmp$Tg6
TG_matrix <- cbind(Tg1, Tg3, Tg6)
friedman.test(TG_matrix)

##
## Friedman rank sum test
##
## data:  TG_matrix
## Friedman chi-squared = 1.3245, df = 2, p-value = 0.5157

# Çoklu karşılaştırma (Friedman testi)
```



```
rownames(TG_matrix) <- 1:40
frdAllPairsNemenyiTest(y=TG_matrix)
```

```
##      Tg1  Tg3
## Tg3 0.50  -
## Tg6 0.84  0.84
```

McNemar's testi

Varsayımlar

- Örneklem ilgili kitleden rastgele seçilmiş ve bağımlı olmalıdır.
- İlgili değişken nitel olmalıdır.
- İlgili nitel değişkenin iki ölçümü olmalı, her ölçüm aynı 2 kategoriden oluşmalıdır (var-yok, başarılı-başarısız, vs.).

Örnek: Diyet öncesi ve sonrası bireylerin beden kitle indeks oranlarında değişim görülüp görülmediği araştırılmak istenmektedir. İlgili örnek için hipotez aşağıdaki gibidir.

$$H_0 : p_{Bki1} = p_{Bki3}$$

$$H_1 : p_{Bki1} \neq p_{Bki3}$$

```
# McNemar's testi
```

```
mcnemar.test(tmp$Bki1, tmp$Bki3)
```

```
##
## McNemar's Chi-squared test with continuity correction
##
## data: tmp$Bki1 and tmp$Bki3
## McNemar's chi-squared = 4.1667, df = 1, p-value = 0.04123
```

2*2 kontenjans tablosu

Varsayımlar

Örnek: Bireylerin sigara içme durumları ile Obezite olmaları açısından istatistiksel olarak bir ilişki olup olmadığı araştırılmak istenmektedir. İlgili örnek için hipotez aşağıdaki gibidir.

$$H_0 : P_{Obez(+)} = P_{Obez(-)}$$

$$H_1 : P_{Obez(+)} \neq P_{Obez(-)}$$

- Örneklem ilgili kitlelerden rastgele seçilmiş ve bağımsız olmalıdır.
- İlgili değişkenler nitel olmalıdır.

```
# 2*2 kontenjans tablosu
```

```
ctab <- table(tmp$Sigara, tmp$Bki1)
print(ctab)
```

```
##
##           Obez olmayan Obez olan
## Kullanmayan      18      13
## Kullananan       3       6
```

```

ctab %>%
  chisq.test(correct = T)

##
## Pearson's Chi-squared test with Yates' continuity correction
##
## data: .
## X-squared = 0.86273, df = 1, p-value = 0.353
##Fisher's düzeltme testi

fisher.test(ctab)

##
## Fisher's Exact Test for Count Data
##
## data: ctab
## p-value = 0.2647
## alternative hypothesis: true odds ratio is not equal to 1
## 95 percent confidence interval:
##  0.4699908 19.8190812
## sample estimates:
## odds ratio
##  2.698558

```

R*C kontenjans tablosu

Varsayımlar

Örnek: Bireylerin grup2 (nafld+, nafld-, kontrol) ile Obezite olmaları açısından istatistiksel olarak bir ilişki olup olmadığı araştırılmak istenmektedir. İlgili örnek için hipotez aşağıdaki gibidir.

$$H_0 : P_{Obez(+)} = P_{Obez(-)}$$

$$H_1 : P_{Obez(+)} \neq P_{Obez(-)}$$

- Örneklem ilgili kitlelerden rastgele seçilmiş ve bağımsız olmalıdır.
- İlgili değişkenler nitel olmalıdır.
- En az bir grupta k>2 olmalıdır.

```

# R*C kontenjans tablosu (Pearson's ki-kare analizi)

```

```

ctab <- table(tmp$Grup2, tmp$Bki1)
print(ctab)

```

```

##
##           Obez olmayan Obez olan
## Kontrol           15           5
## nafld_id_yok           6           2
## nafld_id_var           0          12

```

```

ctab %>%
  chisq.test(correct = F)

```

```

##
## Pearson's Chi-squared test
##

```

```
## data:  .  
## X-squared = 18.947, df = 2, p-value = 7.685e-05
```