Vilniaus Universitetas

Dispersinė analizė

Laboratorinis darbas

Darbą atliko:

Matas Gaulia, Dovydas Martinkus

Duomenų Mokslas

3 kursas 2 gr.

Vilnius, 2021

Naudoti metodai

Darbas atliktas naudojant R, SAS ir Python.

Naudoti R paketai:

tidyverse – duomenų nuskaitymas, sutvarkymas, *ggplot2* paketas grafikams.

faux – daugiamačių koreliuotų normaliųjų atsitiktinių dydžių generavimas.

agricolae – automatinis grupių radimas atliekant porinių kontrastų palyginimus.

car – Type III tipo kvardratų sumos.

Naudoti Python paketai:

pandas

seaborn

numpy

matplotlib

scipy.stats

statsmodels

bioinfokit

Pasirinktas mokslinis straipsnis

Straipsnio autoriai
Jeannie Judge, John Striling

Straipsnio pavadinimas
„Fine motor skill performance in left- and right-handers: Evidence of an advantage for left-handers“

Žurnalo pavadinimas
„Laterality“

Tomas
8

Metai
2003

Interneto nuoroda
https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/1357650342000022a?needAccess=true

Tyrimo tikslas
Patikrinti ar egzistuoja ryšys tarp rankos pirmenybės ir smulkiosios motorikos įgūdžių.

Uždaviniai
Patrikrinti ar kaištukų lentos testo (Purdue Pegboard Test) rezultatai susiję su rankos pirmenybe.
Prognozuoti rankos pirmenybę naudojant kaištukų lentos testo rezultatus.

Straipsnyje atliktos analizės aprašymas
Eksperimente dalyvavo 44 asmenys (20 vyrų, 24 moterys iš jų po 22 kairiarankius ir dešiniarankius).

Atlikti keturi skirtingi testai:

- Kaištukų sukaišiojimas į specialią kaištukų lentą per 30 sekundžių naudojant ranką, kuria naudojamasi daugiau.
- Kaištukų sukaišiojimas naudojant kitą ranką.
- Kaištukų sukaišiojimas naudojant abi rankas.
- Konstrukcijų, sudarytų iš trijų dalių sukonstravimas per 60 sekundžių.

Straipsnyje kiekvienam iš keturių testų naudota dvifaktorinė fiksuotų faktorių dispersinė analizė nepriklausomais kintamaisiais naudojant lytį ir ranką, kuria naudojamasi daugiau. Tiek faktorių, tiek jų tarpusavio sąveikos įtakos nebuvo statistiškai reikšmingos.
Ketvirto testo rezultatuose rastos 4 išskirtys, todėl duomenys transformuoti pakeičiant daugiau nei 1.5 standartinių nuokrypių nuo vidurkio nutolusius duomenis lyginama reikšme ir atliekant kvadratinės šaknies transformaciją. Atlikus dispersinę analizę transformuotiems duomenims rasta statistiškai reikšminga rankos įtaka $F(1,40) = 5.285$, $p = 0.027$.

Atliktos analizės aprašymas

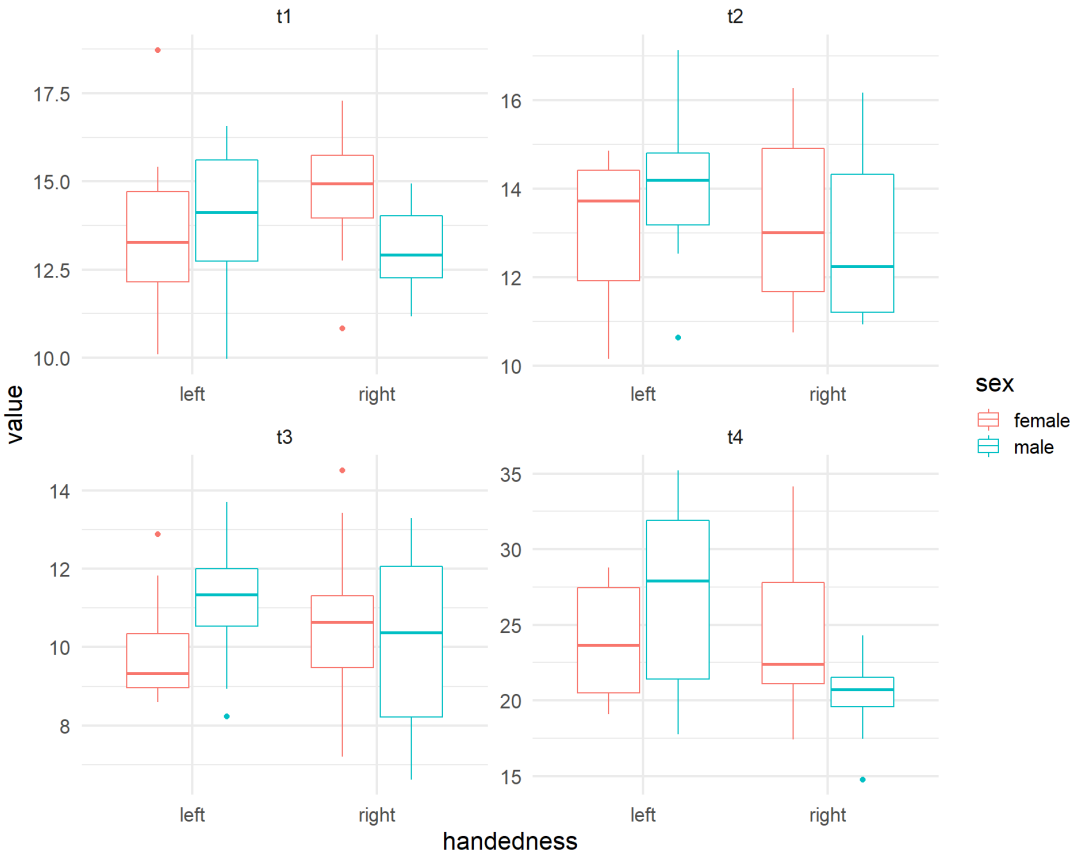
1. Naudojant R

```
library(tidyverse)
library(faux)
library(readr)
library(car)
library(agricolae)

# Duomenų simuliavimas

# Naudojamos straipsnyje aprašytos charakteristikos
mu_l <- c(13.82, 13.59, 10.55, 25.64)
sigma_l <- c(2.15, 1.68, 1.57, 5.18)

mu_r <- c(14.09, 13.09, 10.41, 22.68)
sigma_r <- c(1.72, 1.87, 2.17, 4.60)


construct_df <- function(hand, mean, sd) {
  pmap(list(rnorm_multi(22, 4, mean, sd, r = 0.5), sd, mean), wanted_mean_sd) %>%
    set_names("t1", "t2", "t3", "t4") %>%
    as_tibble() %>%
    mutate(handedness = hand)
}

wanted_mean_sd <- function(x, sd, mean) {
  (x - mean(x)) / sd(x) * sd + mean
}


df_right <- construct_df("right", mu_r, sigma_r)
biggest <- sort(df_right$t4, decreasing = TRUE)[1:4]
for (i in biggest) {
  df_right$t4[which(df_right$t4 == i)] <- df_right$t4[which(df_right$t4 == i)] + abs(rnorm(1,
6))
}
t4 <- df_right$t4
df_right$t4 <- (t4 - mean(t4)) / sd(t4) * 4.60 + 22.68


df <- rbind(construct_df("left", mu_l, sigma_l), df_right)

df <- df %>%
  mutate(
    age = rnorm(44, 17.32, 1.07),
    sex = sample(c(rep("male", 20), rep("female", 24)), 44)
  )
```

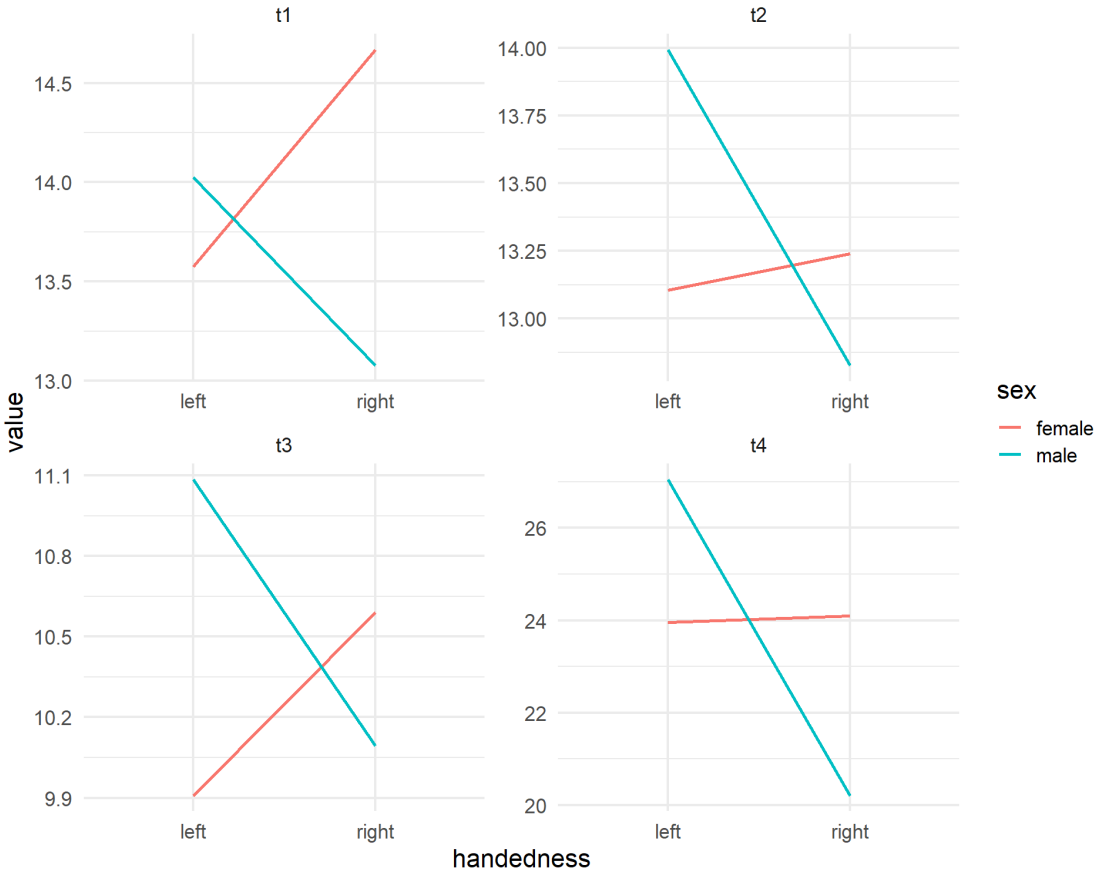
Simuliuoti duomenys išsaugoti ir pateikti data.csv faile.

```
df <- read_csv("data.csv")

options(contrasts = c("contr.sum", "contr.poly"))

variance_check <- function(x) {
  eval(substitute(leveneTest(x ~ handedness * sex, data = df)))
}

anova_model <- function(x) {
  eval(substitute(aov(x ~ handedness * sex, data = df)))
}
```

```
# Tiriamieji grafikai
df_pivoted <- df %>% pivot_longer(1:4)
ggplot(df_pivoted, aes(handedness, value, color = sex)) +
  geom_boxplot() +
  theme_minimal(base_size = 16) +
  facet_wrap(vars(name), scales = "free")
```




```
# Vidurkių grafikas
ggplot(df_pivoted, aes(handedness, value, color = sex, group = sex)) +
  stat_summary(fun = "mean", geom = "line", size = 1) +
  theme_minimal(base_size = 16) +
  facet_wrap(vars(name), scales = "free")
```

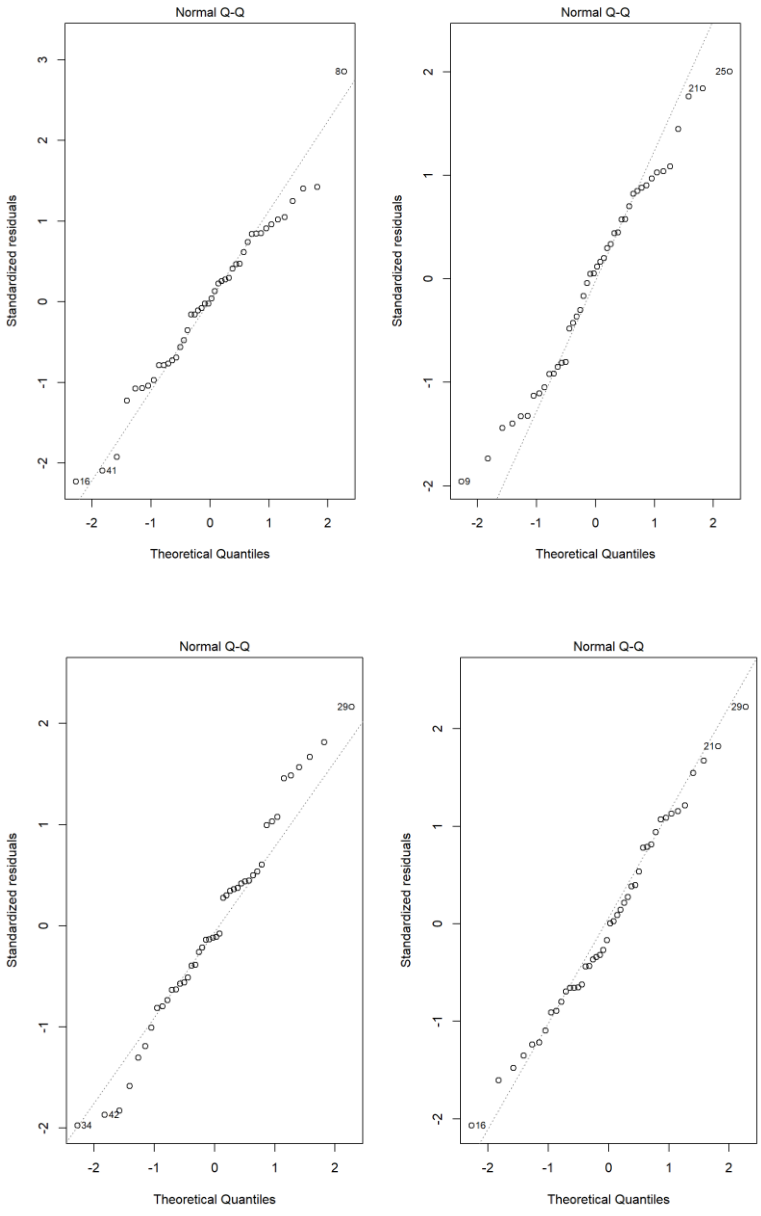



```
# Dispersijų lygybės testas
variance_checks <- list(variance_check(t1), variance_check(t2), variance_check(t3), variance_c
heck(t4))

variance_checks
```

```
## [[1]]
## Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
##       Df F value Pr(>F)
## group  3  0.8848 0.4572
##       40
##
## [[2]]
## Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
##       Df F value Pr(>F)
## group  3  0.4793 0.6985
##       40
##
## [[3]]
## Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
##       Df F value Pr(>F)
## group  3  1.7389 0.1745
##       40
##
## [[4]]
## Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
##       Df F value Pr(>F)
## group  3  1.8124 0.1604
##       40
```

Hipotezė apie dispersijų lygybę neatmetama ne vienam testui.

```
# Sukuriami dispersinės analizės modeliai kiekvienam testui
models <- list(anova_model(t1), anova_model(t2), anova_model(t3), anova_model(t4))


# Tikrinamas liekanų normalumas (dispersinės analizės prielaida)
op <- par(mfrow = c(1, 2))
map(models, ~ plot(.x, which = 2))
```



Liekanos visiems testas stipriai nesiskiria nuo normalumo.

```
# Nesubalansuotas eksperimento planas -> naudojamos Type III kv. sumos
map(models, ~ Anova(.x, type = "III"))
## [[1]]
## Anova Table (Type III tests)
##
## Response: t1
```

```
##                Sum Sq Df   F value  Pr(>F)
## (Intercept)    8065.8  1 2221.9073 < 2e-16 ***
## handedness        0.1  1    0.0156 0.90108
## sex               3.4  1    0.9457 0.33665
## handedness:sex   11.0  1    3.0212 0.08988 .
## Residuals       145.2 40
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## [[2]]
## Anova Table (Type III tests)
##
## Response: t2
##                Sum Sq Df   F value Pr(>F)
## (Intercept)    7443.3  1 2334.5324 <2e-16 ***
## handedness        2.8  1    0.8795 0.3540
## sex               0.6  1    0.1862 0.6684
## handedness:sex    4.5  1    1.3986 0.2439
## Residuals       127.5 40
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## [[3]]
## Anova Table (Type III tests)
##
## Response: t3
##                Sum Sq Df   F value Pr(>F)
## (Intercept)    4574.0  1 1289.7625 <2e-16 ***
## handedness        0.3  1    0.0706 0.7918
## sex               1.2  1    0.3433 0.5612
## handedness:sex    7.4  1    2.0750 0.1575
## Residuals       141.9 40
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## [[4]]
## Anova Table (Type III tests)
##
## Response: t4
##                 Sum Sq Df   F value  Pr(>F)
## (Intercept)    23915.5  1 1088.1923 < 2e-16 ***
## handedness       118.1  1    5.3749 0.02562 *
## sex                1.7  1    0.0752 0.78531
## handedness:sex   127.9  1    5.8217 0.02050 *
## Residuals        879.1 40
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Kiekvienam iš 4 testų atskirai atlikta dvifaktorinė dispersinė analizė su fiksuotais faktoriais pasirenkant ranką ir lytį kaip nepriklausomus kintamuosius. Ketvirtame teste rastos statistiškai reikšmingos rankos $F(1,40) = 5.37$, $p = 0.025$ ir rankos/lyties sąveikos $F(1,40) = 5.82$, $p = 0.020$ įtakos. Kituose testuose statistiškai reikšmingos faktorių įtakos nerasta.

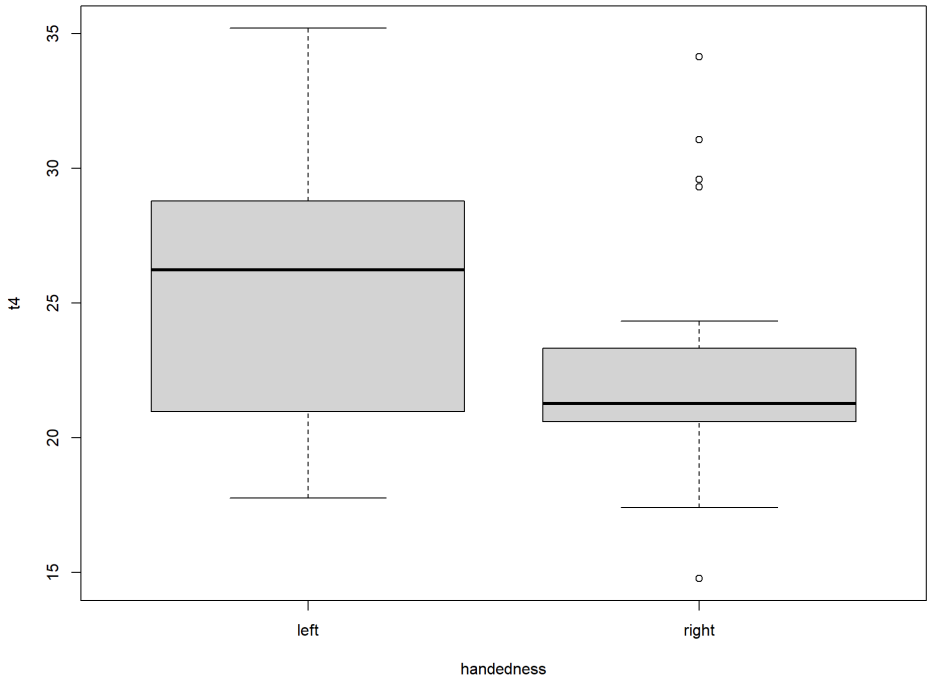
```
library(agricolae)
HSD.test(models[[4]], trt = c("handedness", "sex"), console = TRUE, unbalanced = TRUE)
```

```
##
## Study: models[[4]] ~ c("handedness", "sex")
##
## HSD Test for t4
##
## Mean Square Error:  21.97729
##
```

```
## handedness:sex,  means
##
##                     t4      std  r      Min      Max
## left:female  23.95501 3.705637 10 19.07796 28.78542
## left:male    27.04416 5.937883 12 17.76119 35.20957
## right:female 24.09143 4.873529 14 17.40837 34.13473
## right:male   20.21000 2.900647  8 14.77681 24.32336
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 40
## Critical Value of Studentized Range: 3.790685
##
## Groups according to probability of means differences and alpha level( 0.05 )
##
## Treatments with the same letter are not significantly different.
##
##                     t4 groups
## left:male    27.04416      a
## right:female 24.09143     ab
## left:female  23.95501     ab
## right:male   20.21000      b
```

Naudojantis porinių kontrastų analize ketvirtam testui rastas statistiškai reikšmingas skirtumas tarp kairiarankių ir dešiniarankių vyrų.

```
boxplot(t4 ~ handedness, data = df)
```



Ketvirto testo duomenyse tarp dešiniarankių rastos keturios išskirtys.
Šio testo duomenys transformuoti taip, kaip tai atlikta straipsnyje. Dispersinė analizė atliekama pakartotinai.

```
# Duomenų transformacija
df2 <- df
t4 <- df$t4
limit <- mean(t4[df$handedness=="right"])+ 1.5*sd(t4[df$handedness=="right"])
df2$t4 <- sqrt(ifelse(t4>limit,limit,t4))
```

```
model_trans <- aov(t4 ~ handedness * sex, df2)
Anova(model_trans, type = "III")
```

```
## [[1]]
## Anova Table (Type III tests)
##
## Response: t4
##                Sum Sq Df   F value  Pr(>F)
## (Intercept)    977.83  1 5923.2061 < 2e-16 ***
## handedness       0.96  1    5.8408 0.02031 *
## sex              0.09  1    0.5601 0.45858
## handedness:sex   0.76  1    4.6264 0.03758 *
## Residuals        6.60 40
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

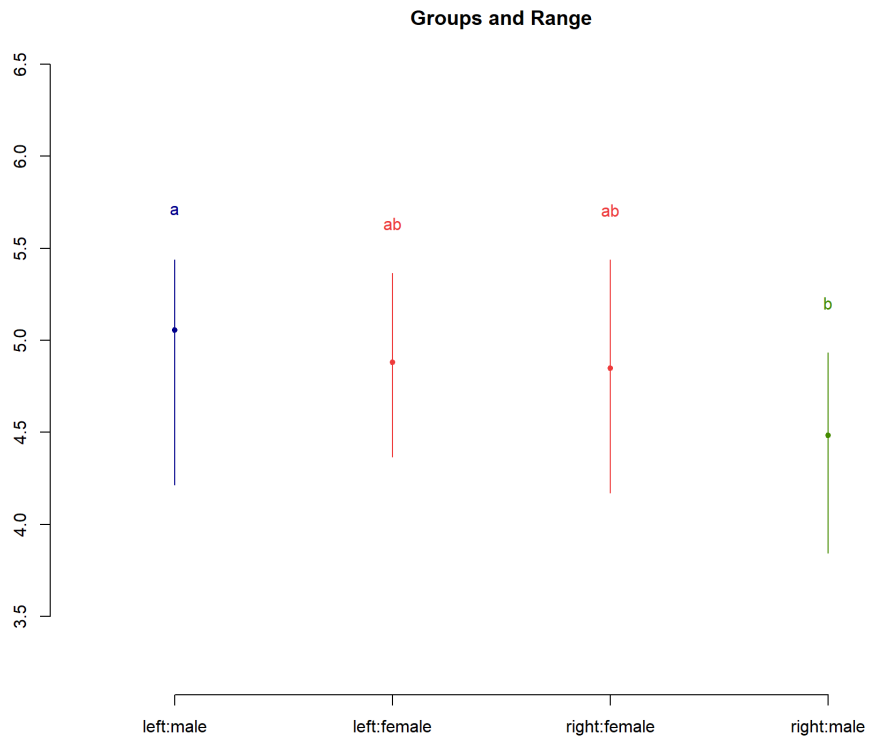
Dispersine transformuotų duomenų analize gauti tie patys statistiškai reikšmingi rezultatai kaip prieš transformaciją: statistiškai reikšmingos rankos $F(1,40) = 5.84$, $p = 0.020$ ir rankos/lyties sąveikos $F(1,40) = 4.62$, $p= 0.037$ įtakos. Kairiarankių vyrų rezultatai statistiškai reikšmingai geresni už dešiniarankių vyrų (Tjukio metodu $\alpha=0.05$).

```
pairwise_test <- HSD.test(model_trans, trt = c("handedness", "sex"), console = TRUE, unbalance
d = TRUE)
pairwise_test
```

```
##
## Study: model_trans ~ c("handedness", "sex")
##
## HSD Test for t4
##
## Mean Square Error:  0.165085
##
## handedness:sex,  means
##
##                    t4       std  r      Min      Max
## left:female  4.881060 0.3804443 10 4.367833 5.365205
## left:male    5.056641 0.4577357 12 4.214402 5.438750
## right:female 4.847775 0.4135532 14 4.172334 5.438750
## right:male   4.484798 0.3322381  8 3.844062 4.931872
##
## Alpha: 0.05 ; DF Error: 40
## Critical Value of Studentized Range: 3.790685
##
## Groups according to probability of means differences and alpha level( 0.05 )
##
## Treatments with the same letter are not significantly different.
##
##                    t4 groups
## left:male    5.056641      a
## left:female  4.881060     ab
## right:female 4.847775     ab
## right:male   4.484798      b
```

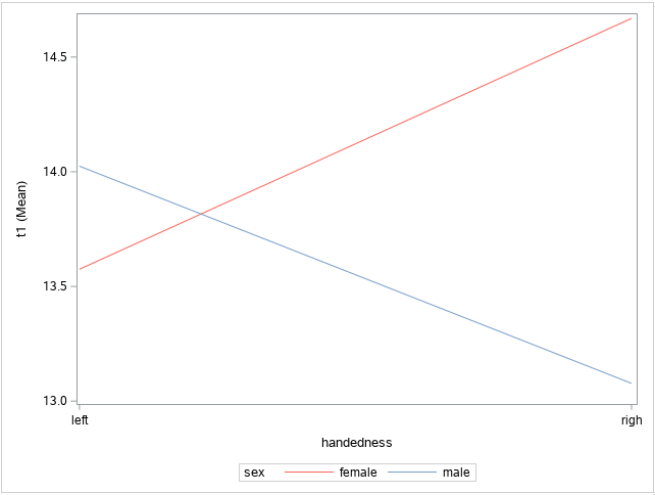
```
Plot(pairwise_test)
```

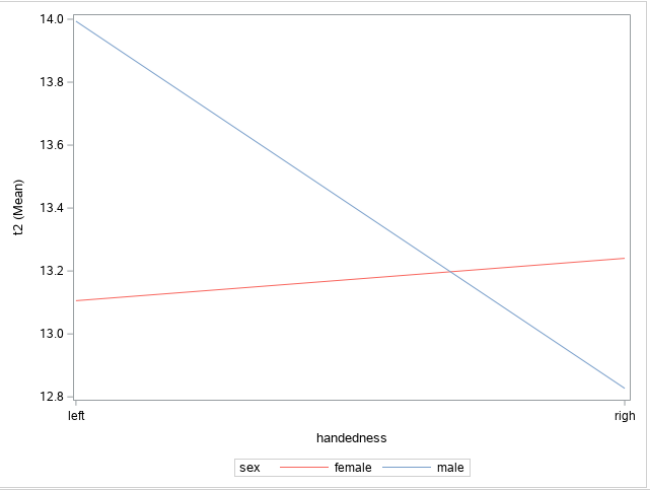
Nubraižomas 95% pasikliovimo grafikas rankos/lyties sąveikos skirtingų lygmenų įtakai:

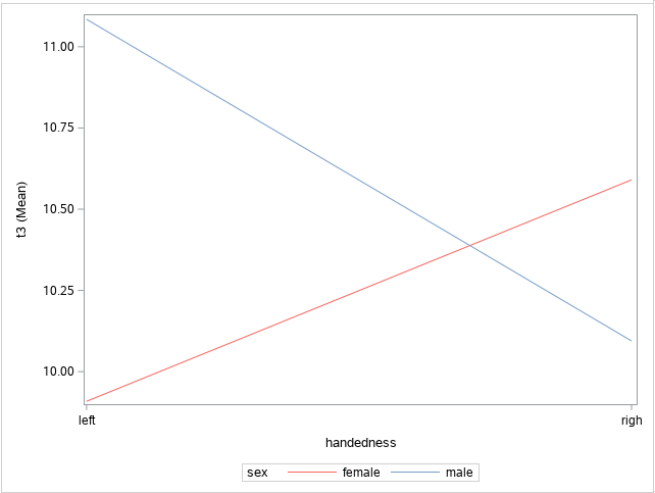


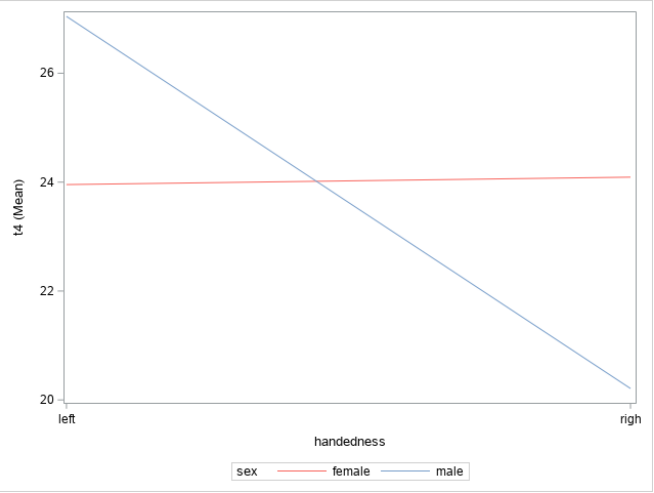
2. Naudojant SAS

```
PROC IMPORT DATAFILE='/home/u45871880/data.csv'
            DBMS=CSV
            OUT=data;
            GETNAMES=YES;
RUN;


PROC SORT data=data;
   BY sex;
RUN;

data colours;
  length value FillColor LineColor $30;
  Id='X'; Value="male"; FillColor='#799fcb'; LineColor='#799fcb'; output;
  Id='X'; Value="female"; FillColor='#f9665e'; LineColor='#f9665e'; output;
run;


/* Tiriamieji grafikai */
%macro box;
%do m=1 %to 4;

proc sgplot data=data dattrmap=colours;
vbox t&m/group=sex category=handedness attrid=X;

%end;
%mend;
%box;
RUN;


/* Vidurkių grafikai */
%macro box;
%do m=1 %to 4;

proc sgplot data=data dattrmap=colours;
  vline handedness / response=t&m group=sex stat=mean attrid=X;
run;

%end;
%mend;
%box;
RUN;
```









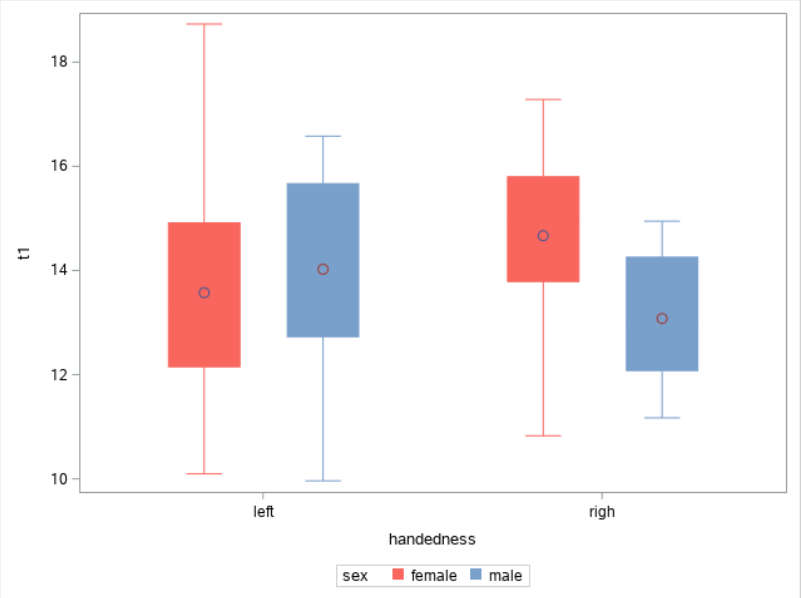

```
/* Dispersinė analizė */
%macro box;
%do m=1 %to 4;

proc glm data = data plots=diagnostics;
class handedness sex;
model t&m = handedness sex handedness*sex;
lsmeans handedness*sex /adjust=TUKEY linestable plots=None;

%end;
%mend;
%box;
RUN;
```

The GLM Procedure

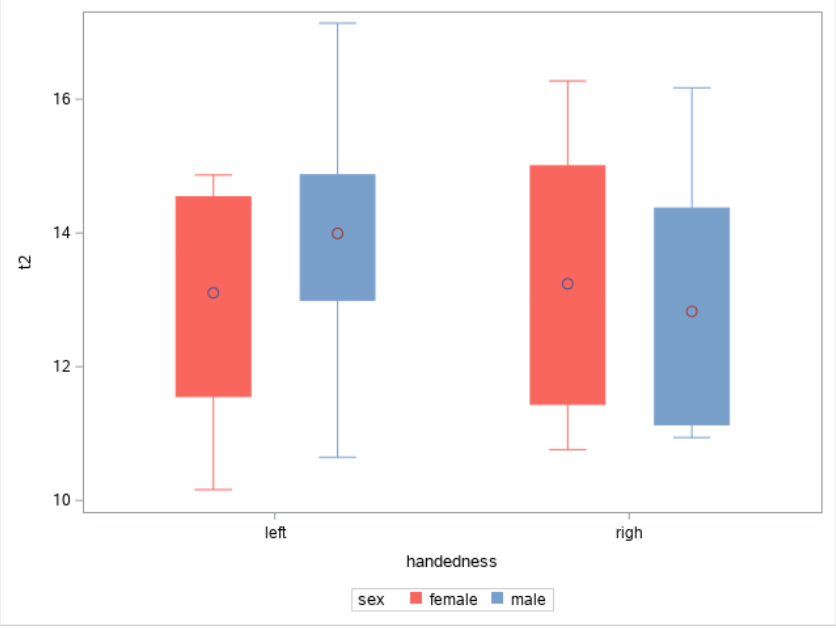
Class Level Information		
Class	**Levels**	**Values**
handedness	2	left righ
sex	2	female male

Number of Observations Read	44
Number of Observations Used	44

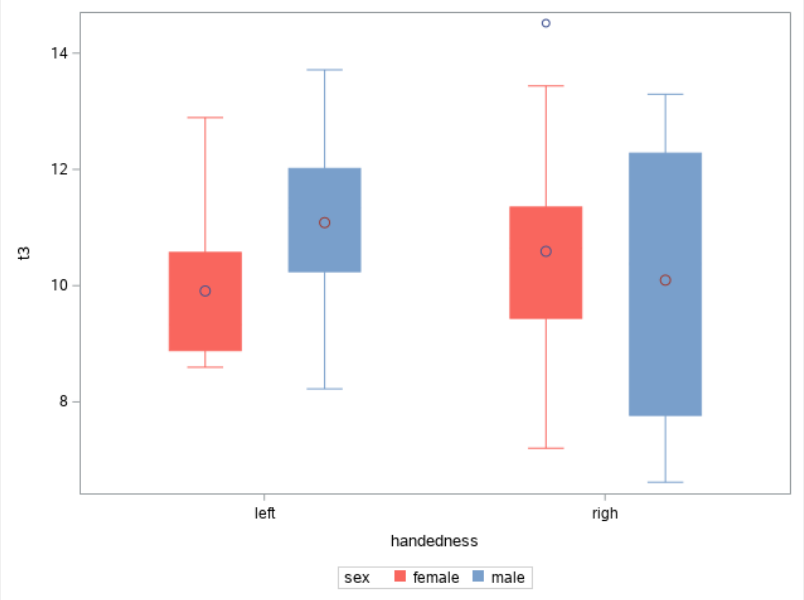
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
handedness	1	0.05679745	0.05679745	0.02	0.9011
sex	1	3.43312163	3.43312163	0.95	0.3367
handedness*sex	1	10.96730369	10.96730369	3.02	0.0899



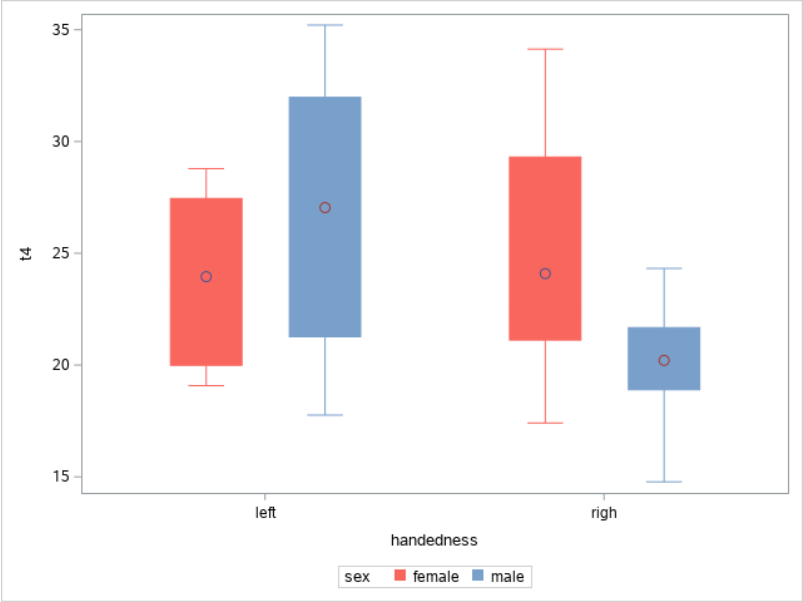
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
handedness	1	2.80425930	2.80425930	0.88	0.3540
sex	1	0.59375922	0.59375922	0.19	0.6684
handedness*sex	1	4.45919765	4.45919765	1.40	0.2439



Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
handedness	1	0.25036993	0.25036993	0.07	0.7918
sex	1	1.21733123	1.21733123	0.34	0.5612
handedness*sex	1	7.35893993	7.35893993	2.08	0.1575



Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
handedness	1	118.1258936	118.1258936	5.37	0.0256
sex	1	1.6529039	1.6529039	0.08	0.7853
handedness*sex	1	127.9456061	127.9456061	5.82	0.0205



Tukey-Kramer Grouping for LS-Means of handedness*sex					
LS-means with the same letter are not significantly different.					
		t4 LSMEAN	handedness	sex	LSMEAN Number
	A	27.04416	left	male	2
	A				
B	A	24.09143	righ	female	3
B	A				
B	A	23.95501	left	female	1
B					
B		20.21000	righ	male	4

Kaip ir naudojant R kiekvienam iš 4 testų atskirai atlikta dvifaktorinė dispersinė analizė su fiksuotais faktoriais pasirenkant ranką ir lytį kaip nepriklausomus kintamuosius. Ketvirtame teste rastos statistiškai reikšmingos rankos $F(1,40) = 5.37$, $p = 0.025$ ir rankos/lyties sąveikos $F(1,40) = 5.82$, $p = 0.020$ įtakos. Kituose testuose statistiškai reikšmingos faktorių įtakos nerasta.
Naudojantis porinių kontrastų analize ketvirtam testui rastas statistiškai reikšmingas skirtumas tarp kairiarankių ir dešiniarankių vyrų.

```
/* Transformuoti duomenys */

PROC IMPORT DATAFILE='/home/u45871880/data2.csv'
            DBMS=CSV
            OUT=data2;
            GETNAMES=YES;
RUN;
```

```
proc glm data = data2 plots=diagnostics;
class handedness sex;
model t4 = handedness sex handedness*sex;
lsmeans handedness*sex /adjust=TUKEY linestable plots=None;
run;
```

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
handedness	1	0.96423252	0.96423252	5.84	0.0203
sex	1	0.09247206	0.09247206	0.56	0.4586
handedness*sex	1	0.76375261	0.76375261	4.63	0.0376

Tukey-Kramer Grouping for LS-Means of handedness*sex					
LS-means with the same letter are not significantly different.					
		t4 LSMEAN	handedness	sex	LSMEAN Number
	A	27.04416	left	male	2
	A				
B	A	24.09143	righ	female	3
B	A				
B	A	23.95501	left	female	1
B					
B		20.21000	righ	male	4

Gauti rezultatai sutampa su rezultatais gautais naudojant R: Dispersine transformuotų duomenų analize gauti tie patys statistiškai reikšmingi rezultatai kaip prieš transformaciją: statistiškai reikšmingos rankos $F(1,40) = 5.84$, $p = 0.020$ ir rankos/lyties sąveikos $F(1,40) = 4.62$, $p= 0.037$ įtakos. Kairiarankių vyrų rezultatai statistiškai reikšmingai geresni už dešiniarankių vyrų (Tjukio metodu $\alpha=0.05$).

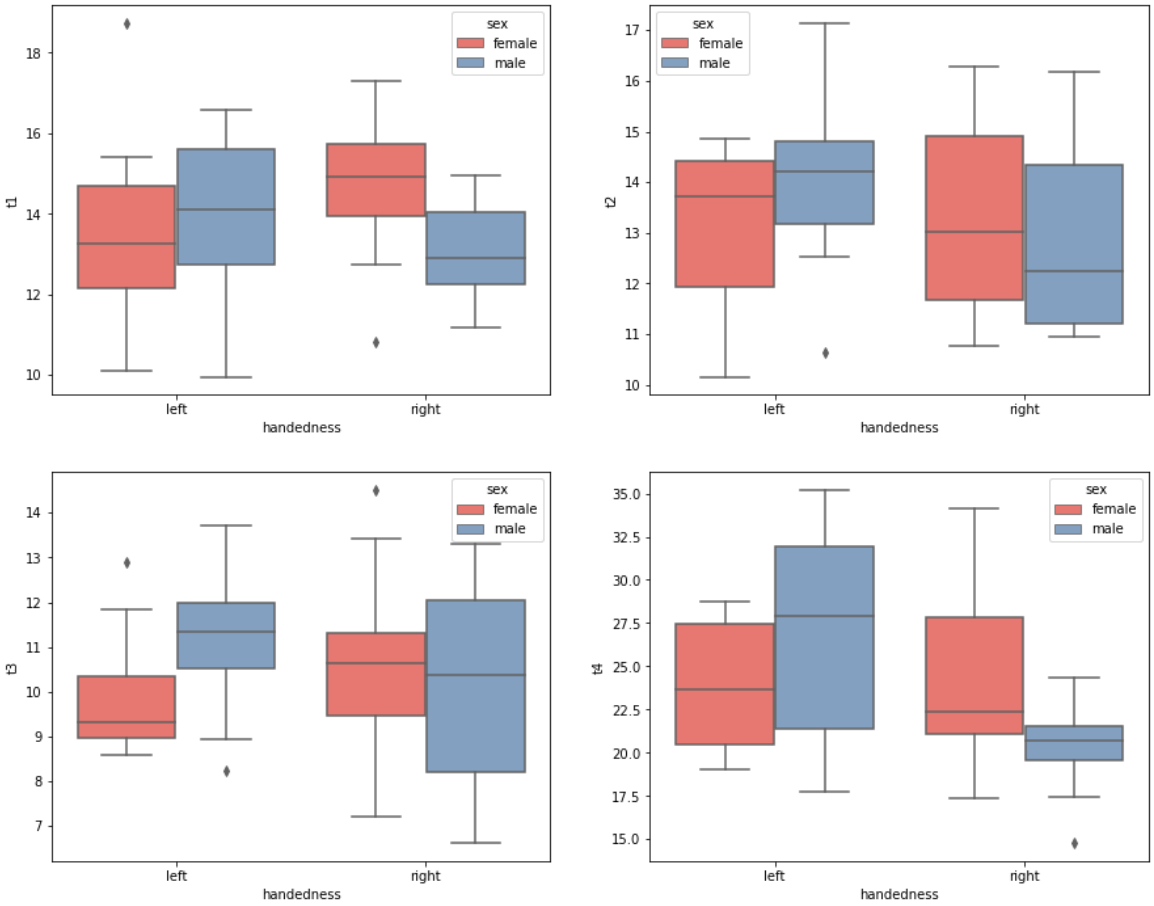
3. Naudojant Python

```
import warnings
warnings.filterwarnings("ignore")
import pandas as pd
import seaborn as sns
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.stats import levene
import statsmodels.api as sm
from statsmodels.formula.api import ols
import pylab
import scipy.stats as stats
from bioinfokit.analys import stat

def split(df, col):
    return [
        df[df["handedness"] == "left"][df["sex"] == "female"][col],
        df[df["handedness"] == "left"][df["sex"] == "male"][col],
        df[df["handedness"] == "right"][df["sex"] == "female"][col],
        df[df["handedness"] == "right"][df["sex"] == "male"][col]
    ]

def vartest(df,col):
    s = split(df,col)
    stat, p = levene(s[0],s[1],s[2],s[3])
    print("F value:", round(stat,4), "Pr(>F)", round(p,4))

def anova(df, col):
    stats.probplot(df[col], dist="norm", plot=pylab)
    pylab.show()
    model = ols(col + ' ~ sex * handedness', data=df).fit()
    anova_table = sm.stats.anova_lm(model, typ=3)
    return anova_table
```

```
data = pd.read_csv("data.csv")
data = data.sort_values(["sex", "handedness"])
mypal = {sex: '#f9665e' if sex == "female" else '#799fcb' for sex in data["sex"].unique()}

ft = data
ft["group"] = ft["handedness"] + ft["sex"]
```

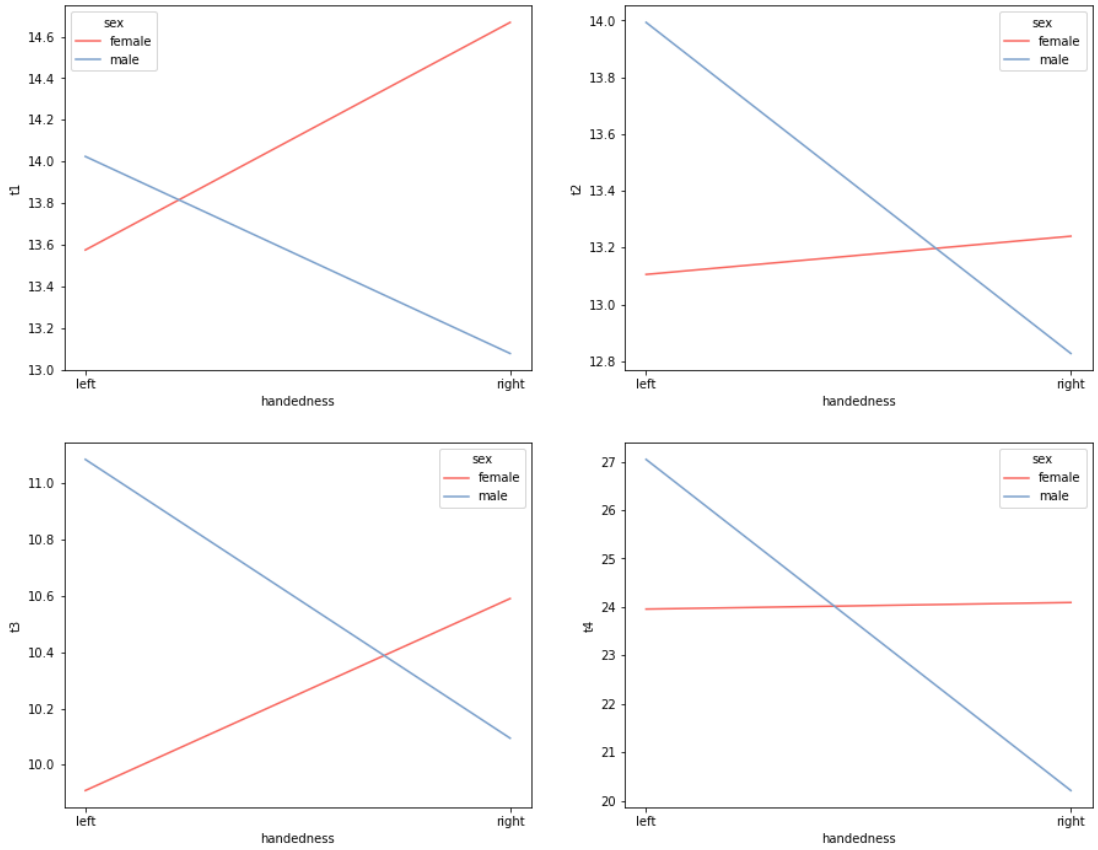
```
fig, axes = plt.subplots(2, 2,figsize=(15,12))
fig.suptitle("Tiriamieji grafikai")
sns.boxplot(ax = axes[0,0],x="handedness", y="t1", hue="sex", data=data, palette=mypal)
sns.boxplot(ax = axes[0,1],x="handedness", y="t2", hue="sex", data=data, palette=mypal)
sns.boxplot(ax = axes[1,0],x="handedness", y="t3", hue="sex", data=data, palette=mypal)
sns.boxplot(ax = axes[1,1],x="handedness", y="t4", hue="sex", data=data, palette=mypal)
```

Tiriamieji grafikai




```
means = data.groupby(['sex','handedness']).mean()

fig, axes = plt.subplots(2, 2,figsize=(15,12))
fig.suptitle("Vidurkių grafikas")
sns.lineplot(ax = axes[0,0],x="handedness", y="t1", hue="sex", data=means, palette=mypal)
sns.lineplot(ax = axes[0,1],x="handedness", y="t2", hue="sex", data=means, palette=mypal)
sns.lineplot(ax = axes[1,0],x="handedness", y="t3", hue="sex", data=means, palette=mypal)
sns.lineplot(ax = axes[1,1],x="handedness", y="t4", hue="sex", data=means, palette=mypal)
```

Vidurkių grafikas




```
vartest(data,"t1")
F value: 0.8848 Pr(>F) 0.4572

vartest(data,"t2")
F value: 0.4793 Pr(>F) 0.6985

vartest(data,"t3")
F value: 1.7389 Pr(>F) 0.1745

vartest(data,"t4")
F value: 1.8124 Pr(>F) 0.1604
```

anova(data, "t1")

	sum_sq	df	F	PR(>F)
Intercept	1842.757078	1.0	507.629040	2.428428e-24
sex	1.102086	1.0	0.303594	5.847024e-01
handedness	6.979565	1.0	1.922679	1.732417e-01
sex:handedness	10.967304	1.0	3.021191	8.987678e-02
Residual	145.205016	40.0	NaN	NaN

anova(data, "t2")

	sum_sq	df	F	PR(>F)
Intercept	1717.564555	1.0	538.700233	8.037321e-25
sex	4.301995	1.0	1.349286	2.522877e-01
handedness	0.105805	1.0	0.033185	8.563713e-01
sex:handedness	4.459198	1.0	1.398591	2.439417e-01
Residual	127.533975	40.0	NaN	NaN

anova(data, "t3")

	sum_sq	df	F	PR(>F)
Intercept	981.812039	1.0	276.846236	1.413343e-19
sex	7.541214	1.0	2.126432	1.525851e-01
handedness	2.710706	1.0	0.764351	3.871895e-01
sex:handedness	7.358940	1.0	2.075035	1.575086e-01
Residual	141.856657	40.0	NaN	NaN

anova(data, "t4")

	sum_sq	df	F	PR(>F)
Intercept	5738.425909	1.0	261.107038	3.929689e-19
sex	52.051729	1.0	2.368432	1.316855e-01
handedness	0.108554	1.0	0.004939	9.443204e-01
sex:handedness	127.945606	1.0	5.821718	2.050468e-02
Residual	879.091725	40.0	NaN	NaN

```
res = stat()
res.tukey_hsd(df=ft, res_var='t4', xfac_var='group', anova_model='t4 ~ group')
res.tukey_summary
```

	group1	group2	Diff	Lower	Upper	q-value	p-value
0	leftfemale	rightfemale	0.136416	-5.066654	5.339486	0.099392	0.900000
1	leftfemale	leftmale	3.089145	-2.291556	8.469846	2.176434	0.425942
2	leftfemale	rightmale	3.745010	-2.215856	9.705877	2.381714	0.345613
3	rightfemale	leftmale	2.952729	-1.990949	7.896407	2.264224	0.390736
4	rightfemale	rightmale	3.881426	-1.688128	9.450981	2.641903	0.257923
5	leftmale	rightmale	6.834156	1.098309	12.570002	4.516826	0.013984