

Proyecto Final de Probabilidad y Estadística

Heidy Valdelamar Gonzalez

2022-11-23

Pruebas de entrenamiento muscular inspiratorio de flujo objetivo (TF-IMT) en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)

Heijdra et al. Afirman que muchos pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) grave presentan una saturación arterial de oxígeno baja durante la noche. Estos investigadores realizaron un estudio para **determinar si existe una relación causal entre la disfunción de los músculos respiratorios y la saturación nocturna.**

Los sujetos fueron 20 (5 mujeres, 15 hombres) pacientes con EPOC asignados aleatoriamente a recibir un entrenamiento muscular inspiratorio de flujo objetivo (TF-IMT) al 60 por ciento de su presión bucal inspiratoria máxima (PI_{máx}) o un TF-IMT simulado al 10 por ciento de la PI máx.

Entre los datos recogidos estaban los tiempos de resistencia (Tiempo, s) de cada sujeto al inicio del entrenamiento y 10 semanas después.

- Aplique una de las técnicas no paramétricas.
- Aplique una de las técnicas de ANOVA.
- Formular las hipótesis pertinentes, realizar las pruebas adecuadas y hallar los valores p.
- Indique las decisiones estadísticas y las conclusiones clínicas que justifican los resultados de sus pruebas de hipótesis.
- Describa la(s) población(es) a la(s) que cree que son aplicables sus inferencias.
- Indique los supuestos necesarios para la validez de sus análisis.

Hipótesis.

Si existe una relación causal entre la disfunción de los músculos respiratorios y la saturación nocturna, entonces los pacientes que recibieron un entrenamiento muscular inspiratorio de flujo objetivo (TF-IMT) al 10 y 60 por ciento de su presión bucal inspiratoria máxima (PI máx) con EPOC presentarán un incremento de resistencia al final del entrenamiento.

La media en la semana 0 < La media en la semana 10 La diferencia en resistencia (semana 0 - semana 10) es negativa:

Por lo tanto, la hipótesis nula es que $H_0 : \text{promedio semana 0 - semana 10} > 0$

Por lo tanto, la hipótesis alternativa es que $H_A : \text{promedio semana 0 - semana 10} \leq 0$

Captura de los datos

Llamamos a las librerías que usaremos:

```
library("car")
```

```
## Loading required package: carData
```

```
library("emmeans")
library("rstatix")
```

```
##
## Attaching package: 'rstatix'
```

```
## The following object is masked from 'package:stats':
##
##   filter
```

```
library("tidyverse")
```

```
## -- Attaching packages ----- tidyverse 1.3.2 --
```

```
## v ggplot2 3.4.0      v purrr  0.3.5
## v tibble  3.1.8      v dplyr  1.0.10
## v tidyr   1.2.1      v stringr 1.4.1
## v readr   2.1.3      v forcats 0.5.2
```

```
## -- Conflicts ----- tidyverse_conflicts() --
```

```
## x dplyr::filter() masks rstatix::filter(), stats::filter()
## x dplyr::lag()    masks stats::lag()
## x dplyr::recode() masks car::recode()
## x purrr::some()   masks car::some()
```

```
library("ggplot2")
library("coin")
```

```
## Loading required package: survival
```

```
##
## Attaching package: 'coin'
```

```
##
## The following objects are masked from 'package:rstatix':
##
```

```
##   chisq_test, friedman_test, kruskal_test, sign_test, wilcox_test
```

```
library("ggpubr")
library("ggstatsplot")
```

```
## You can cite this package as:
```

```
##   Patil, I. (2021). Visualizations with statistical details: The 'ggstatsplot' approach.
##   Journal of Open Source Software, 6(61), 3167, doi:10.21105/joss.03167
```

```
library("mvnrmtest")
```

Leemos base de datos:

```
datos <- read_csv(file="REV_C13_25.csv", show_col_types = FALSE)
datos
```

```
## # A tibble: 20 x 3
##   week0 week10 GROUP
##   <dbl> <dbl> <dbl>
## 1   330   544     1
## 2   400   590     1
## 3   720   624     1
## 4   249   330     1
## 5   144   369     1
## 6   440   789     1
## 7   440   459     1
## 8   289   529     1
## 9   819  1099     1
## 10  540   930     1
## 11  430   476     2
## 12  400   320     2
## 13  900   650     2
## 14  420   330     2
## 15  679   486     2
## 16  522   369     2
## 17  116   110     2
## 18  450   474     2
## 19  570   700     2
## 20  199   259     2
```

Comparación de Resistencia por semanas de cada grupo

- El grupo 1 corresponde a los pacientes de (PI máx) al 60 porciento.
- El grupo 2 corresponde a los pacientes de (PI máx) al 10 porciento.

Filtramos los datos para cada grupo:

```
#Grupo 1
g1 <- datos %>% filter(GROUP ==1)
g1 <- subset(g1,
             select = c(week0, week10))

#Grupo 2
g2 <- datos %>% filter(GROUP == 2)
g2 <- subset(g2,
             select = c(week0, week10))

g1
```

```
## # A tibble: 10 x 2
##   week0 week10
```

```
##      <dbl> <dbl>
##  1    330    544
##  2    400    590
##  3    720    624
##  4    249    330
##  5    144    369
##  6    440    789
##  7    440    459
##  8    289    529
##  9    819   1099
## 10    540    930
```

```
g2
```

```
## # A tibble: 10 x 2
##   week0 week10
##   <dbl> <dbl>
##  1    430    476
##  2    400    320
##  3    900    650
##  4    420    330
##  5    679    486
##  6    522    369
##  7    116    110
##  8    450    474
##  9    570    700
## 10    199    259
```

Para hacer una prueba t usando notación de fórmula de nuestra hipótesis se necesitan alargar los datos.

```
#Elongamos los datos para g1
g1_long <- g1 %>%
  pivot_longer(cols = c("week0","week10"),
               names_to = "Semanas",
               values_to = "Resistencia")

g1_long <- g1_long %>%
  mutate( Semanas = Semanas %>%
           fct_relevel("week0","week10"))

# Estimación de las medianas y sus cuantiles
g1_long %>%
  group_by(Semanas) %>%
  get_summary_stats(Resistencia, type = "median_iqr")
```

```
## # A tibble: 2 x 5
##   Semanas variable      n median   iqr
##   <fct>   <fct>      <dbl> <dbl> <dbl>
## 1 week0 Resistencia    10    420  216.
## 2 week10 Resistencia    10    567  271.
```

Se van a transformar los datos de tabla a formato “largo” por un comando de `pivot_longer()`. Y se usará la librería `ggstatsplot` para graficar los datos y los resultados de la prueba t.

```
#Elongamos los datos para g2

g2_long <- g2 %>%
  pivot_longer(cols = c("week0","week10"),
               names_to = "Semanas",
               values_to = "Resistencia")

g2_long <- g2_long %>%
  mutate( Semanas = Semanas %>%
           fct_relevel("week0","week10"))
# Estimación de las medianas y sus cuantiles
g2_long %>%
  group_by(Semanas) %>%
  get_summary_stats(Resistencia, type = "median_iqr")
```

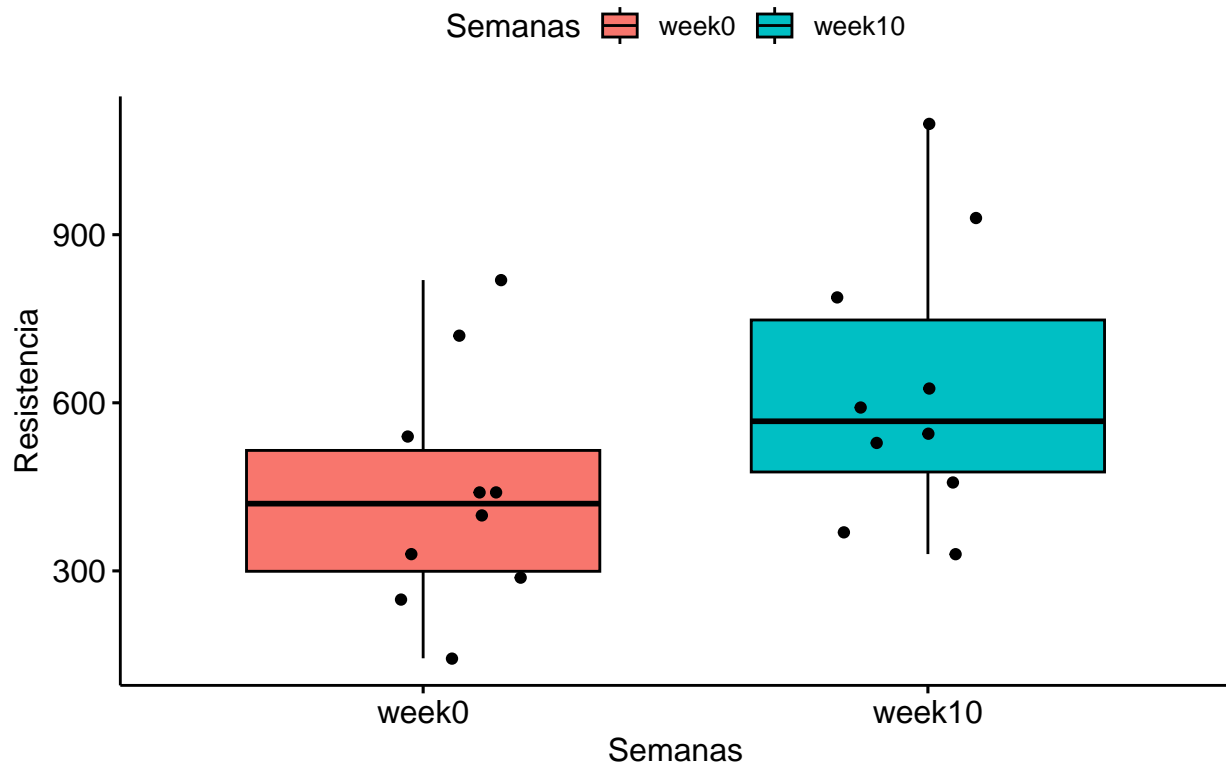
```
## # A tibble: 2 x 5
##   Semanas variable      n median   iqr
##   <fct>   <fct>     <dbl> <dbl> <dbl>
## 1 week0   Resistencia    10   440   153
## 2 week10  Resistencia    10   422.  161
```

Boxplot

Grupo 1

```
ggboxplot(g1_long, x = "Semanas", y = "Resistencia", add = "jitter", fill = "Semanas")+
  ggtitle("Grupo 1")
```

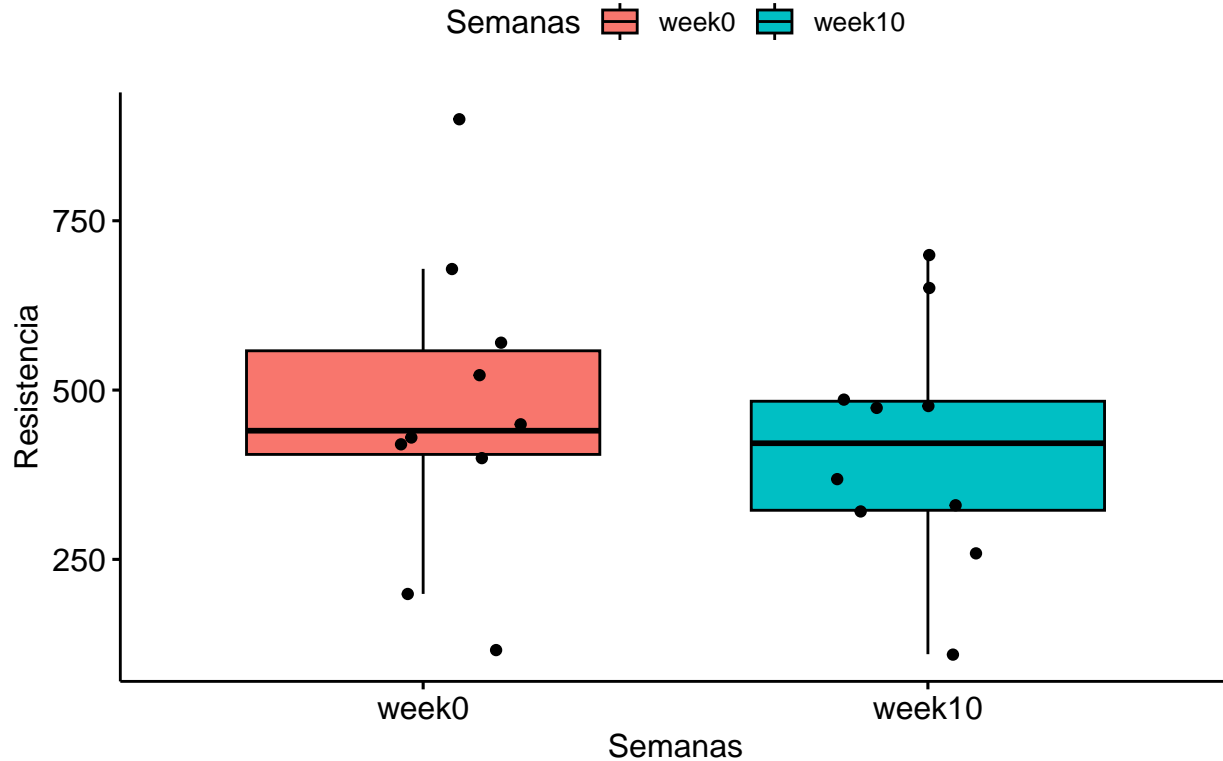
Grupo 1



Grupo 2

```
ggboxplot(g2_long, x = "Semanas", y = "Resistencia", add = "jitter", fill = "Semanas")+  
  ggtitle("Grupo 2")
```

Grupo 2



Prueba de Hipótesis: Comparaciones pareadas (t pareada)

Prueba T pareada

La prueba t pareada es un método que se usa para comprobar si la media entre pares de medidas es o no igual a cero.

La mediana de la “primera población” es menor (opción “less”).

Uno de los parámetros estimados por ggwithinstats es el tamaño del efecto por la estadística g de Hedge expresa la diferencia entre los promedios de las poblaciones en unidades de la desviación estándar combinada (pooled standard deviation).

```
t.test(Resistencia ~ Semanas, data = g1_long, alternative = "less", mu=0, paired = TRUE, var.equal = TRUE)
```

Grupo 1

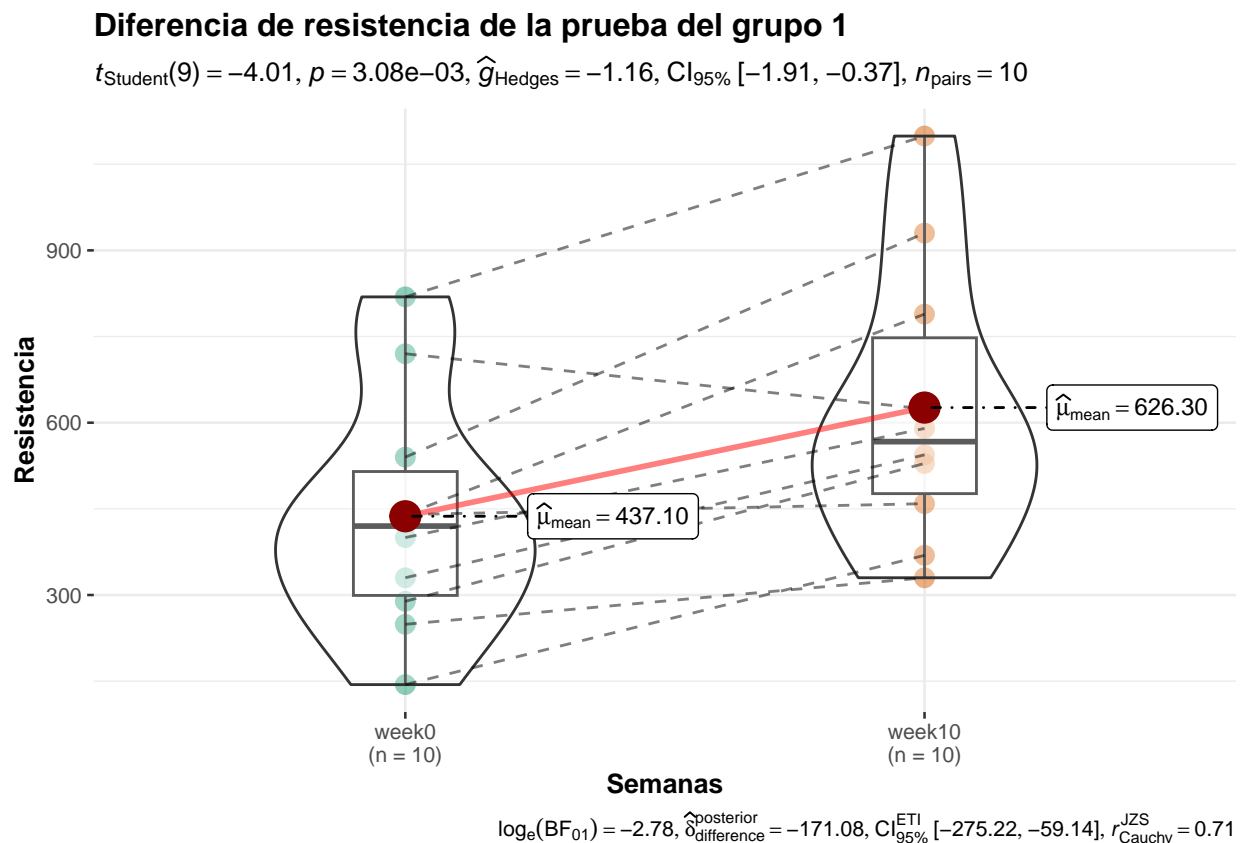
```
##
## Paired t-test
##
## data: Resistencia by Semanas
## t = -4.0076, df = 9, p-value = 0.001538
## alternative hypothesis: true mean difference is less than 0
## 95 percent confidence interval:
```

```
##          -Inf -102.6581
## sample estimates:
## mean difference
##          -189.2
```

- La diferencia en la variación de los datos de la muestra es de -4.0076.
- El grado de libertad es de 9
- El grado de significancia es de 0.001538 siendo menor que 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.
- Diferencia de la media es de - 189.2 (negativa) ya que los resultados muestran que la media de la semana cero es menor que la media de la semana diez.

Graficamos los resultados:

```
ggwithinstats(
  data = g1_long, x = Semanas, y = Resistencia,
  title = "Diferencia de resistencia de la prueba del grupo 1",
  plot.type = "violin",
  type = "parametric",
  pairwise.comparisons = TRUE,
  pairwise.display = "significant",
  p.adjust.method = "holm",
  conf.level = 0.95,
  var.equal = TRUE)
```




```
t.test(Resistencia ~ Semanas, data = g2_long, alternative = "less", mu=0, paired = TRUE, var.equal = TRUE)
```

Grupo 2

```
##  
## Paired t-test  
##  
## data: Resistencia by Semanas  
## t = 1.3236, df = 9, p-value = 0.8909  
## alternative hypothesis: true mean difference is less than 0  
## 95 percent confidence interval:  
##      -Inf 122.1098  
## sample estimates:  
## mean difference  
##           51.2
```

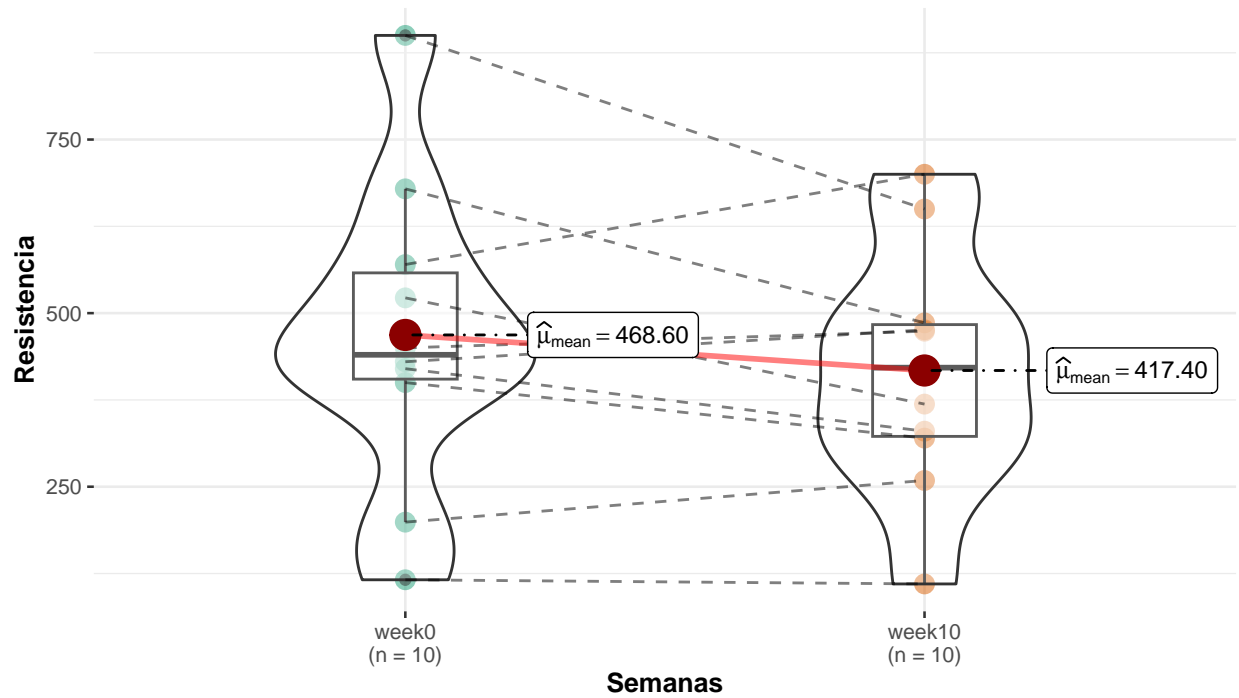
- La diferencia en la variación de los datos de la muestra es de 1.3236.
- El grado de libertad es de 9
- El grado de significancia es de 0.8909 siendo mayor que 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula.
- Diferencia de la media es de 51.2 (positiva) ya que los resultados muestran que la media de la semana cero es mayor que la media de la semana diez.

Graficamos los resultados:

```
ggwithinstats(  
  data = g2_long, x = Semanas, y = Resistencia,  
  title = "Diferencia de resistencia de la prueba del grupo 2",  
  plot.type = "violin",  
  type = "parametric",  
  pairwise.comparisons = TRUE,  
  pairwise.display = "significant",  
  p.adjust.method = "holm",  
  conf.level = 0.95,  
  var.equal = TRUE)
```

Diferencia de resistencia de la prueba del grupo 2

$t_{\text{Student}}(9) = 1.32$, $p = 0.22$, $\hat{g}_{\text{Hedges}} = 0.38$, $\text{CI}_{95\%} [-0.22, 0.97]$, $n_{\text{pairs}} = 10$



$\log_e(\text{BF}_{01}) = 0.49$, $\hat{\delta}_{\text{difference}}^{\text{posterior}} = 40.35$, $\text{CI}_{95\%}^{\text{ETI}} [-35.40, 119.59]$, $r_{\text{Cauchy}}^{\text{JZS}} = 0.71$

ANOVA

El análisis de varianza se usa principalmente para dos propósitos:

- 1) para estimar y desarrollar prueba de hipótesis de varianzas de una población.
- 2) Estimar y probar medias poblacionales.

ANOVA del grupo 1

```
g1_aov <- aov(Resistencia ~ Semanas, data=g1_long)
summary(g1_aov)
```

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Semanas    1 178983   178983   3.448  0.0798 .
## Residuals  18 934255    51903
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

ANOVA del grupo 2

```
g2_aov <- aov(Resistencia ~ Semanas, data=g2_long)

summary(g2_aov)
```

```
##           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
## Semanas    1  13107   13107    0.322  0.578
## Residuals  18 733785   40766
```

Hemos encontrado que para ambos grupos no hay un efecto clinicamente significativo de la variable Semanas (el valor de p ha sido mayor a 0.05), por lo tanto no es necesario efectuar el método Tukey y se acepta la hipótesis nula.

Prueba de normalidad y Prueba de Wilcoxon para dos muestras pareadas.

Grupo 1

```
g1_stat.test <-
  wilcox_test(Resistencia ~ Semanas, data=g2_long, paired = TRUE, alternative = "less") %>%
  add_significance()
g1_stat.test
```

```
##
## Asymptotic Wilcoxon-Mann-Whitney Test
##
## data: Resistencia by Semanas (week0, week10)
## Z = 0.52915, p-value = 0.7016
## alternative hypothesis: true mu is less than 0
```

```
g1_stat.test <- pairwise_wilcox_test(
  g1_long,
  Resistencia ~ Semanas,
  comparisons = NULL,
  ref.group = NULL,
  p.adjust.method = "holm",
  detailed = FALSE,
)
g1_stat.test
```

```
## # A tibble: 1 x 9
##   .y.      group1 group2   n1    n2 statistic      p p.adj p.adj.signif
## * <chr>    <chr>  <chr> <int> <int>    <dbl> <dbl> <dbl> <chr>
## 1 Resistencia week0  week10    10    10      25.5 0.069 0.069 ns
```

Grupo 2

```
g1_stat.test <-
  wilcox_test(Resistencia ~ Semanas, data=g2_long, paired = TRUE, alternative = "less") %>%
  add_significance()
g1_stat.test
```

```
##
## Asymptotic Wilcoxon-Mann-Whitney Test
##
## data: Resistencia by Semanas (week0, week10)
## Z = 0.52915, p-value = 0.7016
## alternative hypothesis: true mu is less than 0
```

```
g2_stat.test <- pairwise_wilcox_test(
  g2_long,
  Resistencia ~ Semanas,
  comparisons = NULL,
  ref.group = NULL,
  p.adjust.method = "holm",
  detailed = FALSE,
)
g2_stat.test
```

```
## # A tibble: 1 x 9
##   .y.      group1 group2    n1    n2 statistic      p p.adj p.adj.signif
## * <chr>      <chr> <chr> <int> <int>      <dbl> <dbl> <dbl> <chr>
## 1 Resistencia week0 week10    10    10         57 0.631 0.631 ns
```

Hemos encontrado que para ambos grupos no hay un efecto clínicamente significativo de la variable Semanas (el valor de p ha sido mayor a 0.05), se acepta la hipótesis nula.

Conclusiones

En las pruebas de ANOVA y las técnicas no paramétricas no es conveniente ya que estas pruebas son para 3 o más grupos.

Al observar los resultados notamos diferencias entre la evolución de la resistencia muscular inspiratoria de cada grupo. El grupo que realizó el entrenamiento a una presión bucal inspiratoria mayor (60 por ciento de la máxima) tuvo resultados favorables en su resistencia muscular después de su entrenamiento por 10 semanas; mientras que el grupo que realizó el entrenamiento a una presión bucal inspiratoria menor (10 por ciento de la máxima) no presentó mejorías en su resistencia muscular ya que la media después de su entrenamiento por 10 semanas fue menor a la media previa al entrenamiento, sin embargo, notamos que algunos pacientes sí mejoraron su resistencia y además la diferencia de medias de resistencia en el entrenamiento no fue tan significativa.

Se concluye que los pacientes con EPOC que realizaron el entrenamiento muscular inspiratorio de flujo objetivo (TF-IMT) a una mayor presión bucal inspiratoria máxima (PImáx) mejoraron su condición a diferencia del grupo que realizó el entrenamiento a una menor presión, por lo que es significativo para demostrar la relación causal entre la disfunción de los músculos respiratorios y la saturación nocturna.