

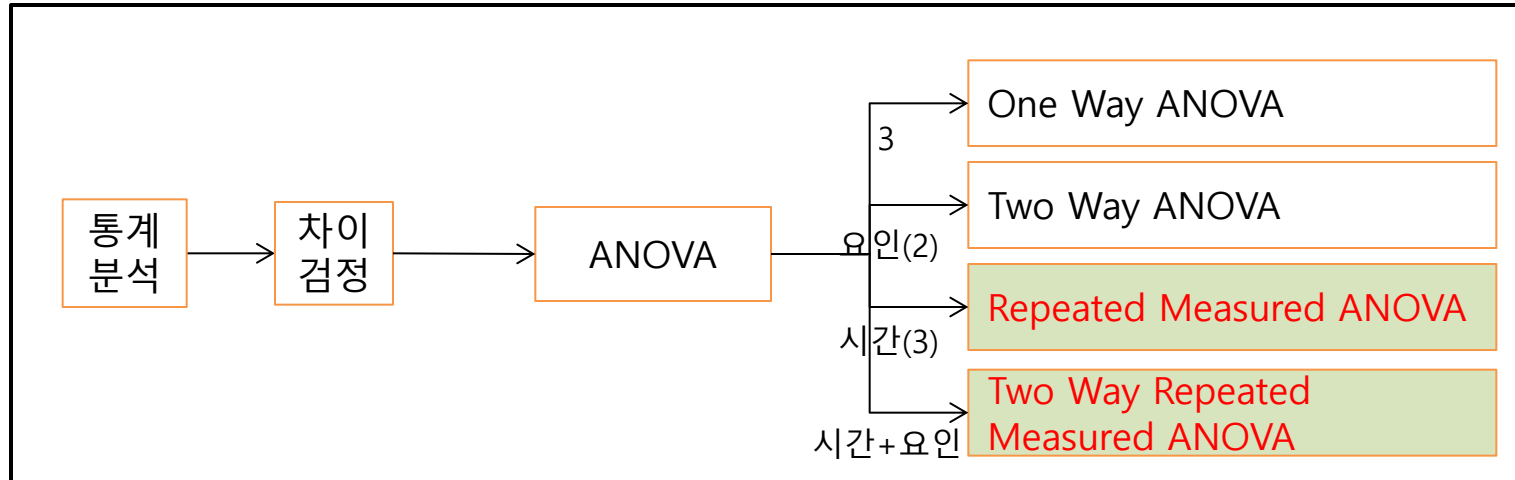


Ch08.분산분석(ANOVA)1

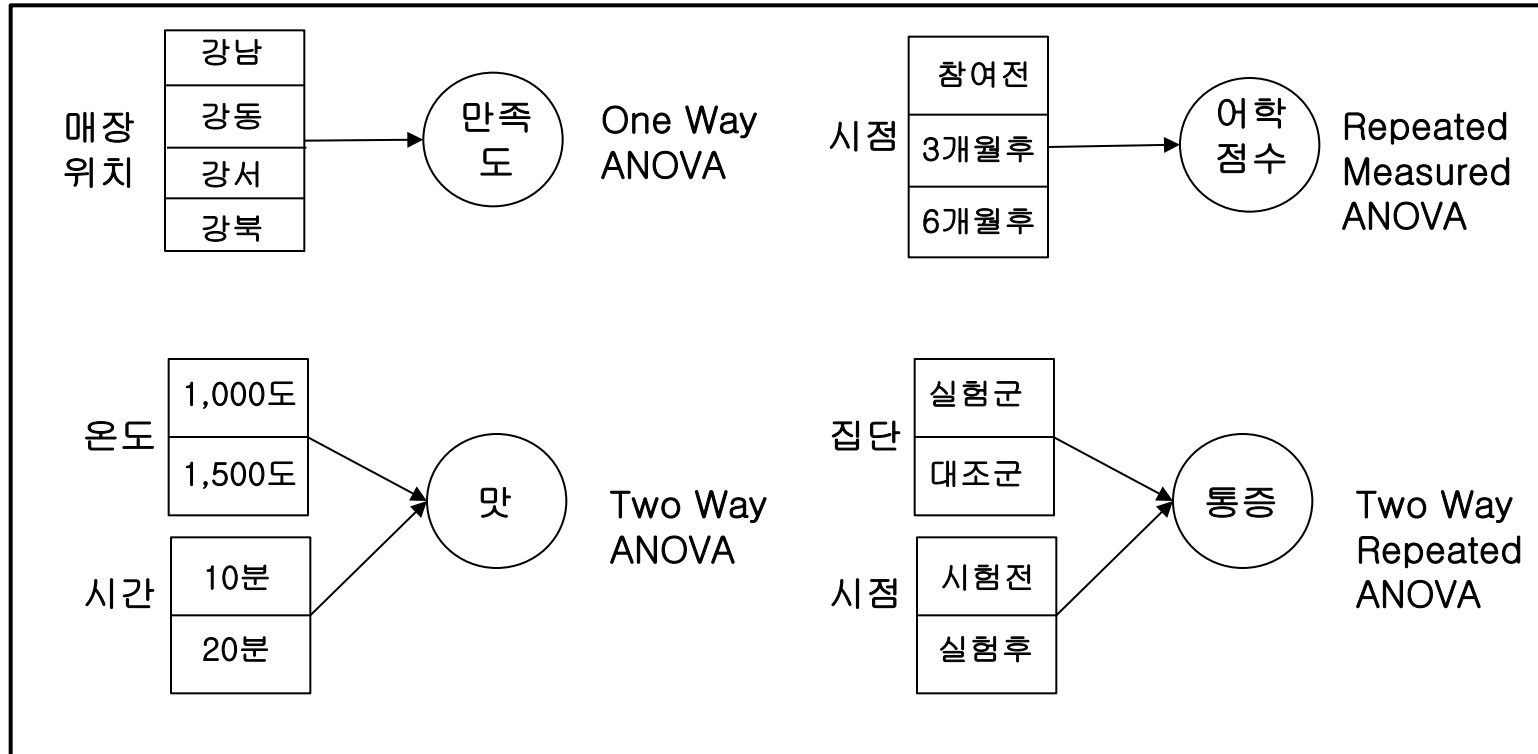
연구방법의 이해

■ 평균차이검정

- 집단간 평균차이를 검정하는 방법
- 질적변수 1개 (집단구분) + 연속 변수 1개 (평균)
- $t-test$: 집단이 2개 미만 일 때
- 분산분석(ANOVA): 집단이 3개 이상일 때



연구방법의 이해



One-Way ANOVA

■ 문제의 정의

- 별다방을 프랜차이즈 운영하는 K회사는 강남, 강동, 강서, 강북에 위치한 매장의 서비스에 대한 고객조사를 실시하였다.
- 과연 4곳 매장의 고객만족도는 차이가 있는지? 있다면 어느 레스토랑의 서비스 만족도가 가장 안 좋은가 확인해보자
- (4.OWA.sav).

■ 가설

- 귀무가설(H_0): 4곳 매장의 고객만족도는 차이가 없다.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

- 연구가설(H_1): 4곳 매장의 고객만족도 중 적어도 한 쌍은 차이가 있다.

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \text{ or } \mu_1 \neq \mu_3 \text{ or } \dots \text{ or } \mu_3 \neq \mu_4 \quad \text{나중에 상호검증}$$

One-Way ANOVA = Analysis of Variance 분산 = 분포

요인	제곱합 (SS)	자유도(df)	평균제곱 (MS)	F
처리	$SSA = \sum_i \sum_j (\bar{y}_j - \bar{y})^2$	$k - 1$	$MSA = \frac{SSA}{k - 1}$	$F = \frac{MSA}{MSE}$
잔차	$SSE = \sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y}_j)^2$	$n - k$	$MSE = \frac{SSE}{n - k}$	
총계	$SST = \sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y})^2$	$n - 1$		

■ 검정통계량 $F = \frac{MSA}{MSE} = \frac{\frac{SSA}{k-1}}{\frac{SSE}{n-k}} \sim F_{(k-1, n-k, \alpha)}$

anova 분석표

One-Way ANOVA

■ 분산분석표

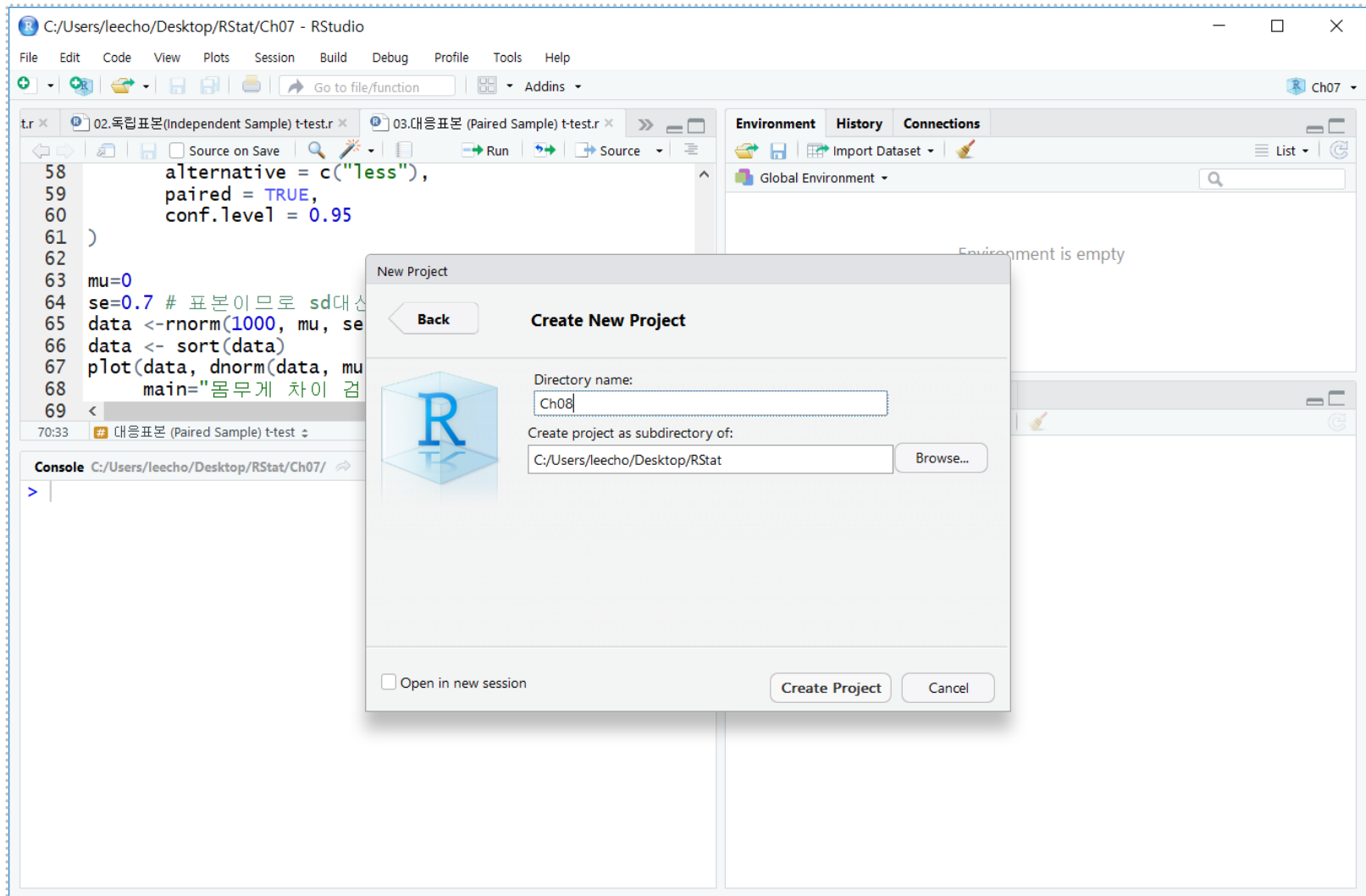
요인	제곱합 (SS)	자유도(df)	평균제곱 (MS)	F배
처리=그룹간의 차이가 난다	919	3	306.37	3.546
잔차=아니다. 에러차이다	11,663	135	86.39	
총계	12,582	138		

■ 검정통계량

$$F_0 = \frac{306.37}{86.39} = 3.546 > F_{(2,135,0.05)} = 3.00$$

- p -value 계산 $H_0 \Rightarrow$ 증명후에 post hoc 분석함
 $p - value = 0.0163 < \alpha = 0.05$

프로젝트 생성





One-Way ANOVA

- ##### 일원 분산분석(One-way ANOVA) #####
- # 01.데이터 불러오기
- owaData <- read.csv("./data/04.owa.csv",
- header=TRUE,
- na.strings = ".")
- owaData\$group <- **factor**(owaData\$group,
- levels=c(1:4),
- labels=c("강남","강서","강동","강북"))
- str(owaData)

One-Way ANOVA

Console C:/Users/leecho/Desktop/RStat/Ch08/ ↗

```
> ##### 일원 분산분석(One-way ANOVA) #####  
>  
> # 01.데이터 불러오기  
> owaData <- read.csv("./data/04.owa.csv",  
+                      header=TRUE,  
+                      na.strings = ".")  
> owaData$group <- factor(owaData$group,  
+                          levels=c(1:4),  
+                          labels=c("강남","강서","강동","강북"))  
> str(owaData)  
'data.frame':  139 obs. of  2 variables:  
 $ group: Factor w/ 4 levels "강남","강서",...: 1 2 3 4 1 2 3 4 1 2 ...  
 $ score: int  85 78 63 88 93 83 56 53 94 97 ...  
> |
```

One-Way ANOVA

- `attach(owaData)` # 객체연결 (`attach` -> `detach`)
- **# 02.기본 통계치 확인**: `describe(psych패키지 이용)`
- `library(psych)`
- **`describeBy(score, group, mat=T)`** #`mat`옵션이 T/F(따로 구분됨)
- `describeBy(score, group, mat=F)` #F이면 아래처럼.

```
      kurtosis    se
X1      -0.58  1.33
-----
group: 강동
vars  n mean    sd median trimmed  mad min max range skew
X1    1 30  82 11.25    83   82.62 11.86  56  99    43  -0.4
      kurtosis    se
X1      -0.68  2.05
-----
group: 강북
vars  n mean    sd median trimmed  mad min max range skew
X1    1 39 86.05  9.88    88   87.15  8.9  53  99    46  -1.21
      kurtosis    se
X1      1.71  1.58
```

One-Way ANOVA

Console C:/Users/leecho/Desktop/RStat/Ch08/ ↗

```
> attach(owaData) # 객체연결 (attach -> detach)
```

```
>
```

```
> # 02.기본통계치 확인: describe(psych패키지 이용)
```

```
> library(psych)
```

```
> describeBy(score, group, mat=T)
```

	item	group	vars	n	mean	sd	median	trimmed	mad	min	max	range
X11	1	강남	1	38	88.86842	8.279480	91.0	89.81250	7.4130	64	99	35
X12	2	강서	1	32	88.18750	7.511013	87.5	88.65385	7.4130	71	99	28
X13	3	강동	1	30	82.00000	11.252586	83.0	82.62500	11.8608	56	99	43
X14	4	강북	1	39	86.05128	9.875405	88.0	87.15152	8.8956	53	99	46

		skew	kurtosis	se
X11	-1.1417237	0.8759359	1.343109	
X12	-0.3858498	-0.5813980	1.327772	
X13	-0.4031414	-0.6759641	2.054432	
X14	-1.2130392	1.7071652	1.581330	

```
> |
```

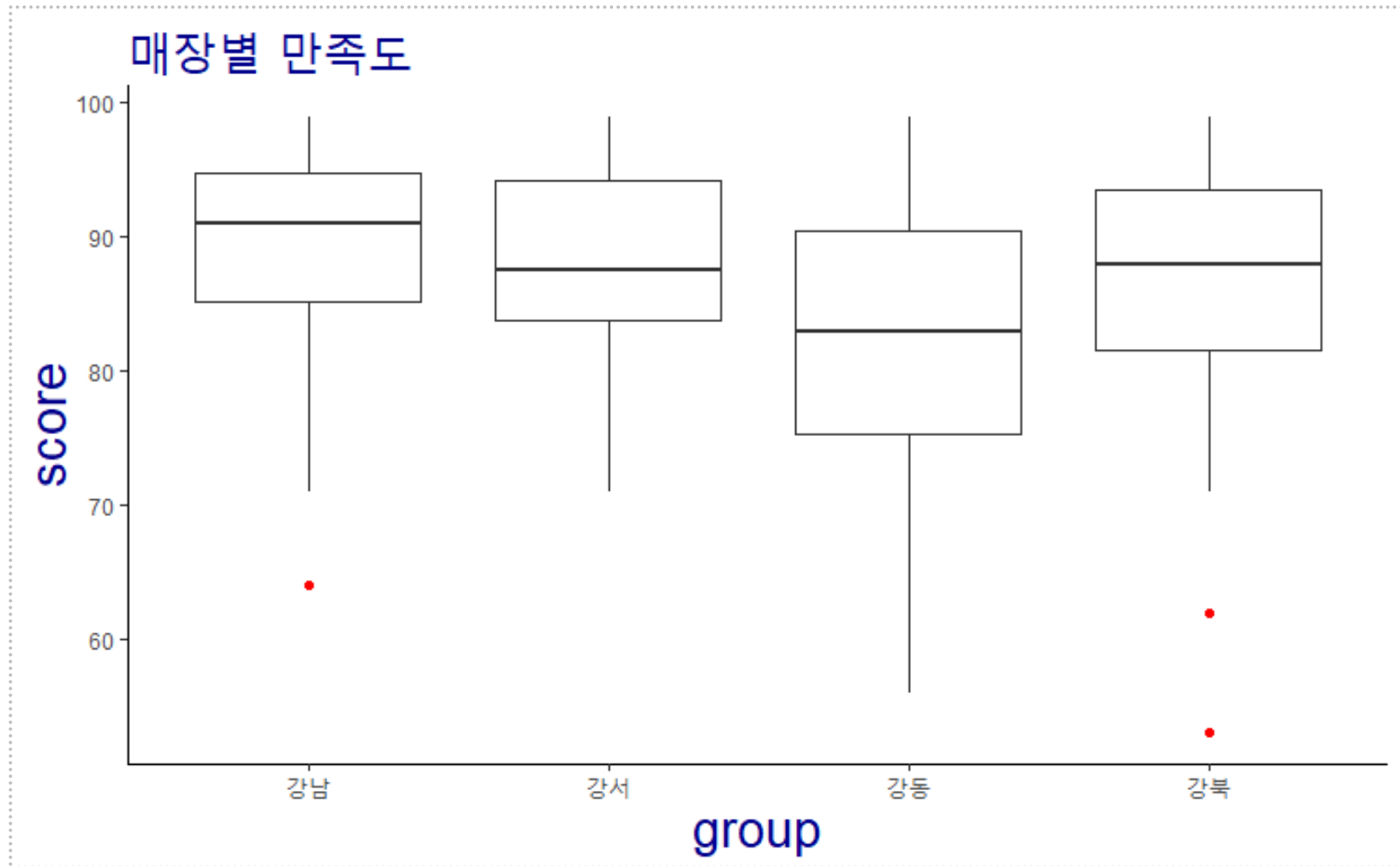
82점 평균이 차이가
나겠군??

One-Way ANOVA

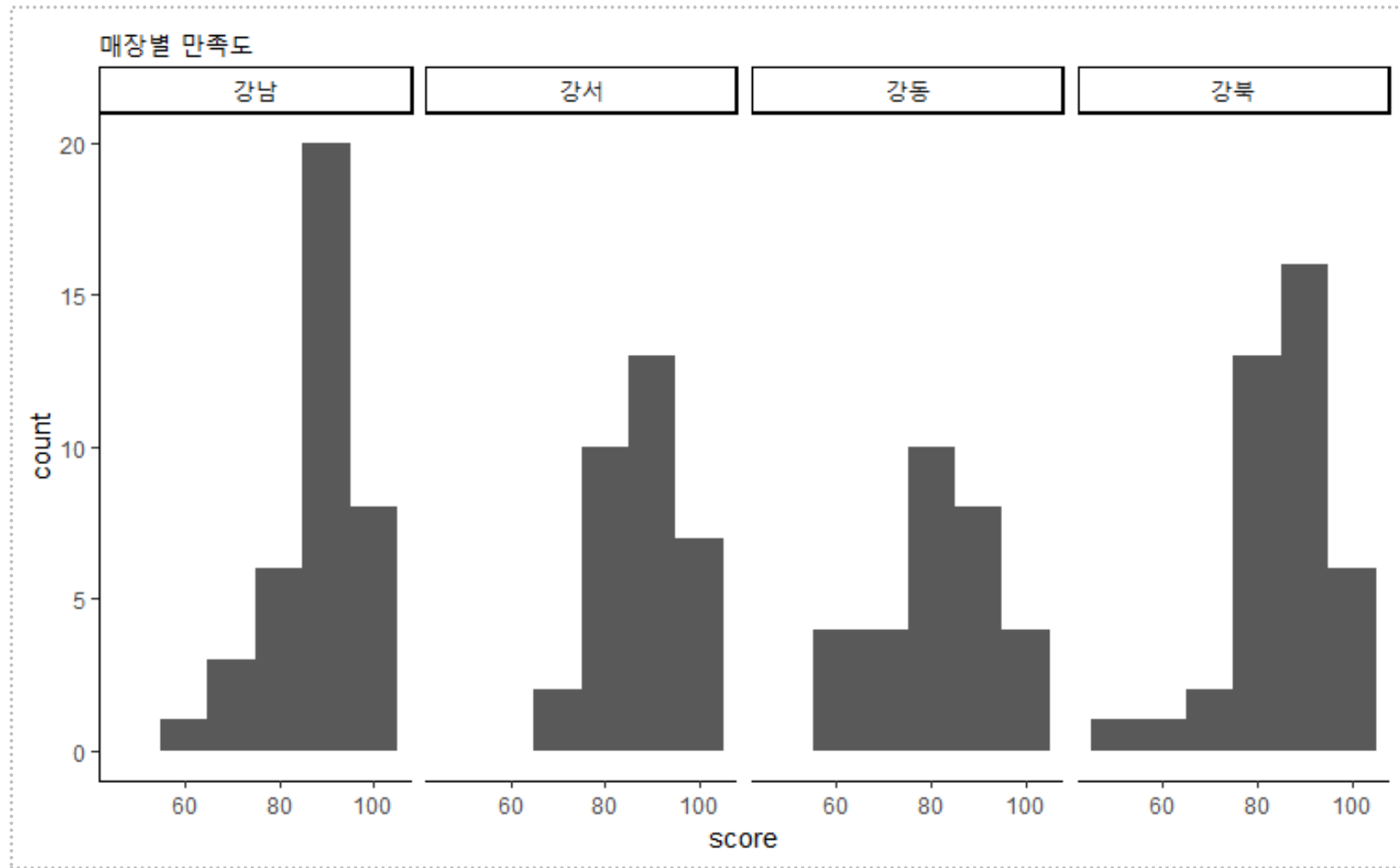
- **# 03.그래프 그리기(박스그래프,히스토그램)**
- `install.packages("ggplot2")`
- `library(ggplot2)`
- `ggplot(owaData, aes(x = group, y = score)) +` **#aes=x축/y축 설정하기**
- `geom_boxplot(outlier.colour="red") +`
- `ggtitle("매장별 만족도") +`
- `theme_classic() +` **# ggplot2 테마**
- `theme(title = element_text(color="darkblue", size=20))`

- `ggplot(owaData, aes(x=score)) +`
- `geom_histogram(binwidth=10) +`
- **`facet_grid(. ~ group) +` #그룹별로 그려줘~~mfrow같은것.**
- `ggtitle("매장별 만족도") +`
- `theme_classic()`

One-Way ANOVA



One-Way ANOVA



One-Way ANOVA

- # 04.통계분석
- # 가)등분산 검증=>그룹이 여러 개면 그룹간의 분산의 형태를 파악
 - 1) `bartlett.test(score ~ group, data=owaData)` #내장 함수
 - 2) `leveneTest` #패키지호출
- `install.packages("car")`
- `library(car)`
- `leveneTest(score ~ group, data=owaData, center=mean)`

One-Way ANOVA

ANOVA분석 후 차이가 난다면 **사후 검정** 해야함.

```
Console C:/Users/leecho/Desktop/RStat/Ch08/
> # 04.통계분석
> # 등분산 검증
> library(car)
> leveneTest(score ~ group, data=owaData, center=mean)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = mean)
      Df F value Pr(>F)
group   3  1.7559 0.1586
      135
> bartlett.test(score ~ group, data=owaData)

Bartlett test of homogeneity of variances

data:  score by group
Bartlett's K-squared = 6.0049, df = 3, p-value = 0.1114
```

4개의 그룹간의
분산이
동질하다/귀무 채택

1)bartlett.test 2)leveneTest

를 둘다 했는데 귀무가설이범위안으로 들어와서
등분산 검증이 확인됨/만약 연구 가설이 채택되면 이분산
검정하여 사후 검정후 그래프를 그려주면 끝.

One-Way ANOVA

ANOVA분석 후 차이가 난다면 **사후 검정** 해야함.

사후 검정(Multicamparison test)

1)그룹별 표본수가 같을 때 : Tukey HSD, Duncan LSR

2)그룹별 표본수가 다를 때 : Scheffe



최종 결과 그래프 그리기

One-Way ANOVA

- # ANOVA분석
- `owaResult <- aov(score ~ group, data=owaData)` # 등분산일 때. #구한 P값이 0,05보다 작으므로 그룹간의 차이가 난다.따라서 어떻게 차이가나는지를 그룹간의 차이를 밝히기 위해서 사후 검정을 합니다.
- 이분산일때는 하단의 부록 참조
(Welch's ANOVA test)
- `summary(owaResult)`

```
Console C:/Users/leecho/Desktop/RStat/Ch08/
> # ANOVA분석
> owaResult <- aov(score ~ group, data=owaData) # 등분산일때. 이분산일때는 하단의
  부록 참조
> summary(owaResult)
              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
group          3     919   306.37   3.546 0.0163 *
Residuals    135   11663    86.39
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> |
```

One-Way ANOVA

- Post-hoc test (Tukey's test)

$$T_{cal} = \frac{|\bar{y}_j - \bar{y}_k|}{\sqrt{MSE \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} > T_{(c, n-c)}$$

$$T_{cal} = \frac{|4.39 - 4.31|}{\sqrt{0.775 \left(\frac{1}{38} + \frac{1}{30} \right)}} = \frac{0.08}{0.105} = 0.76 > T_{(4, 135)} = 2.57$$

$$T_{cal} = \frac{|4.39 - 3.70|}{\sqrt{0.775 \left(\frac{1}{38} + \frac{1}{30} \right)}} = \frac{0.69}{0.106} = 6.46 > T_{(4, 135)} = 2.57$$

One-Way ANOVA

■ # 사후검정(Multicomparison test)

- 1)그룹별 표본수가 같을 때 : Tukey HSD, Duncan(던컨)
- 2)그룹별 표본수가 다를 때 : Scheffe

- TukeyHSD(owaResult)
- install.packages("agricolae")
- library(agricolae)
- # group=TRUE: 그룹으로 묶어서 표시, FALSE: 1:1로 비교
- # console=TRUE: 결과를 화면에 표시
- duncan.test(owaResult, "group", **group=TRUE**, console = TRUE)
- scheffe.test(owaResult, "group", **group=FALSE**, console = TRUE)

One-Way ANOVA

Tukey방법은 그룹으로 묶어서 차이가 나는 방법이 없음.
그래서 던컨(Duncan) 샤페(scheffe)를 사용함.

```
Console C:/Users/leecho/Desktop/RStat/Ch08/ ↗
> TukeyHSD(owaResult)
  Tukey multiple comparisons of means
    95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = score ~ group, data = owaData)

$`group`
      diff      lwr      upr      p adj
강서-강남 -0.6809211 -6.482101  5.12025923 0.9900786
강동-강남 -6.8684211 -12.773642 -0.96319998 0.0155546
강북-강남 -2.8171390 -8.328456  2.69417799 0.5457341
강동-강서 -6.1875000 -12.332110 -0.04288951 0.0477285
강북-강서 -2.1362179 -7.903298  3.63086253 0.7703242
강북-강동  4.0512821 -1.820443  9.92300755 0.2803221
```

One-Way ANOVA

```
Console C:/Users/leecho/Desktop/RStat/Ch08/ ↗
> duncan.test(owaResult, "group", group=TRUE, console = TRUE) # 같은 그룹으로 표시

Study: owaResult ~ "group"

Duncan's new multiple range test
for score

Mean Square Error: 86.39344

group, means

      score      std  r Min Max
강남 88.86842  8.279480 38  64  99
강동 82.00000 11.252586 30  56  99
강북 86.05128  9.875405 39  53  99
강서 88.18750  7.511013 32  71  99

Groups according to probability of means differences and alpha level( 0.05 )

Means with the same letter are not significantly different.

      score groups
강남 88.86842      a
강서 88.18750      a
강북 86.05128     ab
강동 82.00000      b
```

One-Way ANOVA

```
Console C:/Users/leecho/Desktop/RStat/Ch08/
> scheffe.test(owaResult, "group", group=FALSE, console = TRUE) # 쌍으로 비교

Study: owaResult ~ "group"

Scheffe Test for score

Mean Square Error : 86.39344

group, means

      score      std  r Min Max
강남 88.86842  8.279480 38  64  99
강동 82.00000 11.252586 30  56  99
강북 86.05128  9.875405 39  53  99
강서 88.18750  7.511013 32  71  99

Alpha: 0.05 ; DF Error: 135
Critical Value of F: 2.671676

Comparison between treatments means

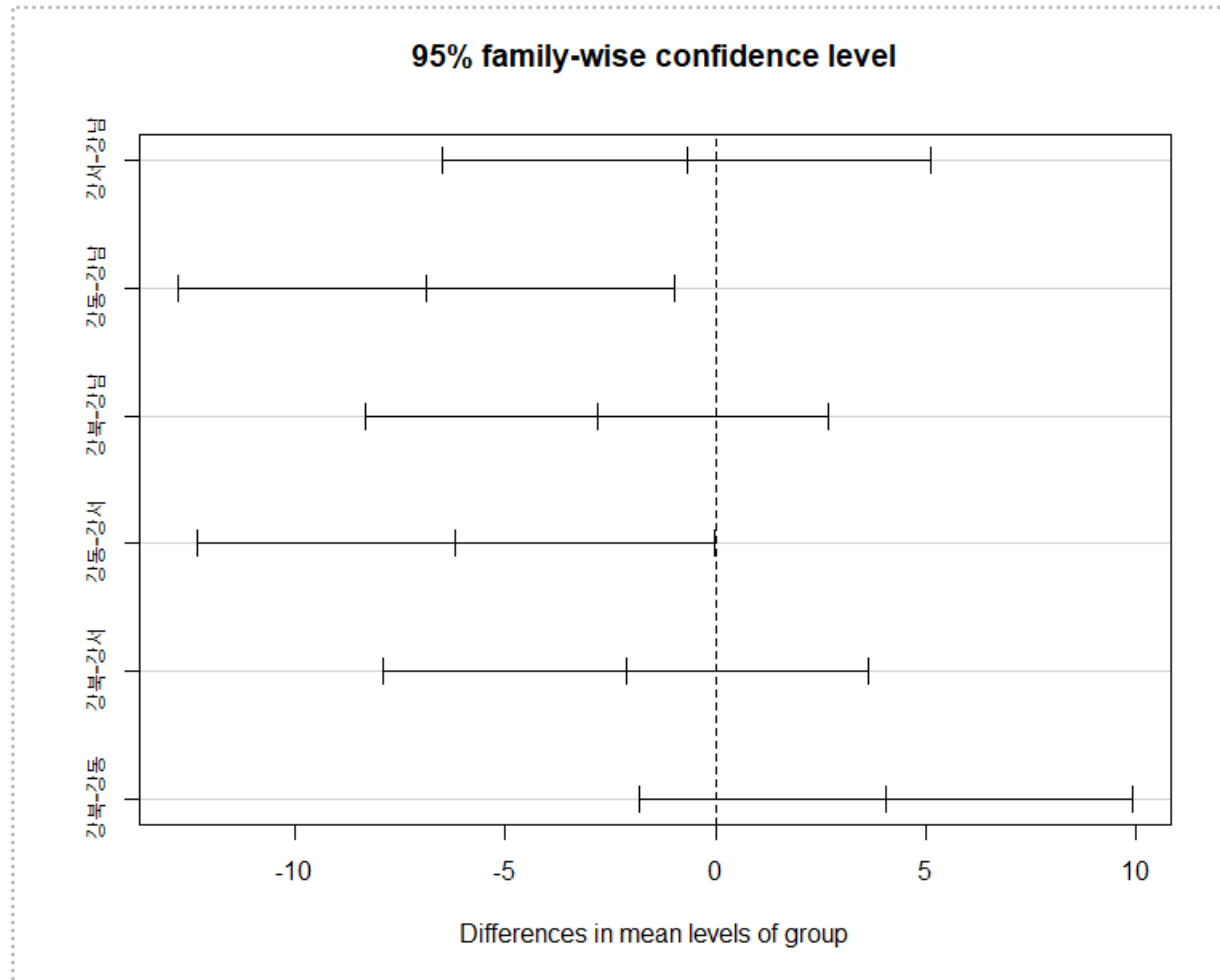
      Difference pvalue sig      LCL      UCL
강남 - 강동  6.8684211 0.0308 *  0.2526675 13.484175
강남 - 강북  2.8171390 0.6230   -3.3573149  8.991593
강남 - 강서  0.6809211 0.9926   -5.8182733  7.180115
강동 - 강북 -4.0512821 0.3625  -10.6295098  2.526946
강동 - 강서 -6.1875000 0.0815   -13.0714470  0.696447
강북 - 강서 -2.1362179 0.8185   -8.5972095  4.324774
```



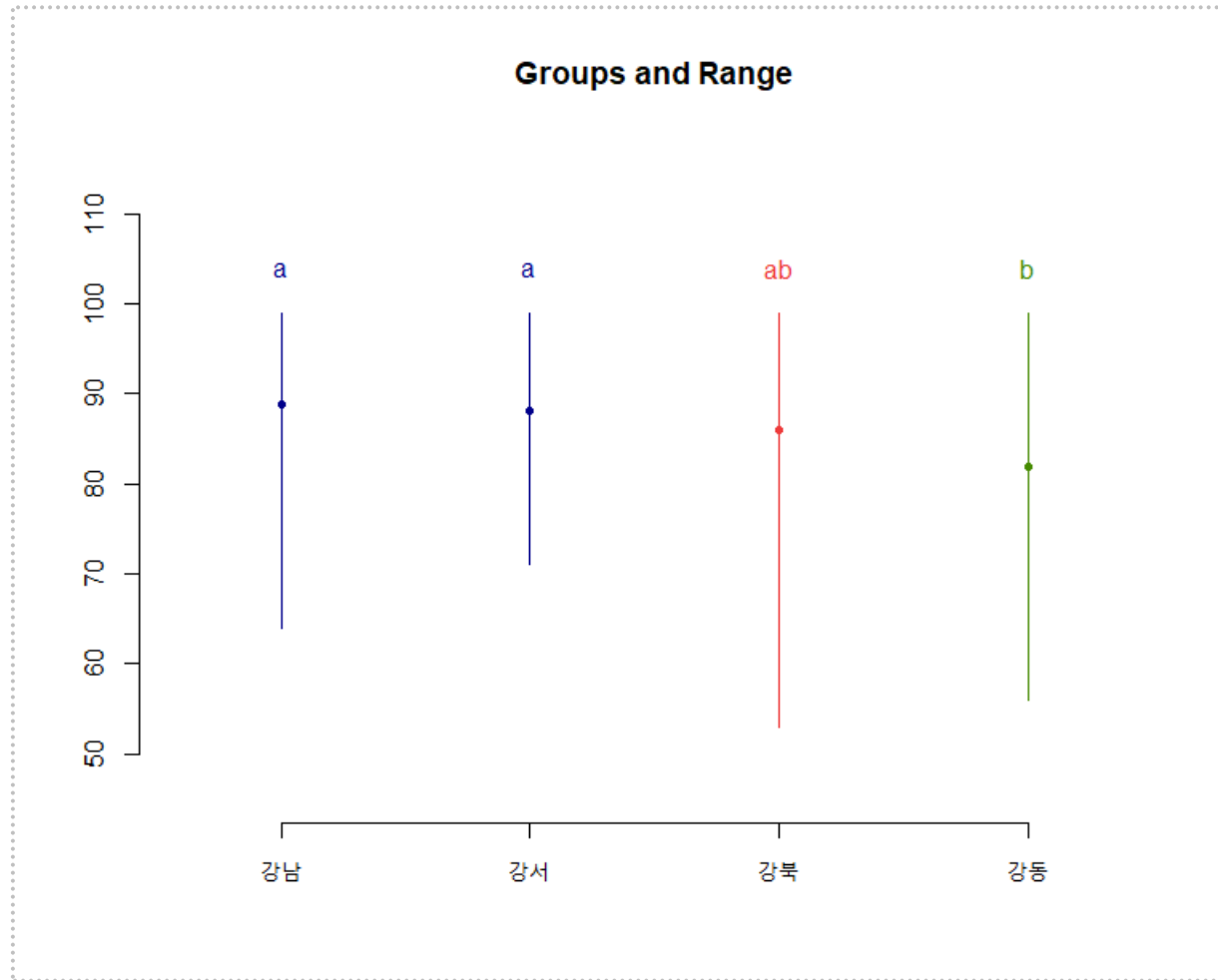
One-Way ANOVA

- # 05.통계결과 그래프
- `tukeyPlot <- TukeyHSD(owaResult)` # 그룹간 차이 비교
- `plot(tukeyPlot)`
- `duncanPlot <- duncan.test(owaResult, "group")`
- `plot(duncanPlot)`

One-Way ANOVA



One-Way ANOVA





One-Way ANOVA

- `x=88.87 # 정규분포로 표시(강남)`
- `se=1.34`
- `data <- rnorm(1000, x, se)`
- `data <- sort(data)`
- `plot(data, dnorm(data, x, se), col="blue", type='l',`
- `main="매장별 고객만족도",`
- `xlim=c(75, 95), ylim=c(0,0.3)) #기준을 잡고 그래프를 그려야 차이를 알수 있다.`
- `abline(v=x, col="blue", lty=3)`

One-Way ANOVA

- `par(new=T)` # 그래프를 겹쳐서 표현하기
- `x=88.19` # 정규분포로 표시(강서)
- `se=1.33`
- `data <- rnorm(1000, x, se)`
- `data <- sort(data)`
- `plot(data, dnorm(data, x, se), type='l', col="red",`
■ `xlim=c(75, 95), ylim=c(0,0.3))`
- `abline(v=x, col="red", lty=3)`
- `par(new=T)`
- `x=82` # 정규분포로 표시(강동)
- `se=2.05`
- `data <- rnorm(1000, x, se)`
- `data <- sort(data)`
- `plot(data, dnorm(data, x, se), type='l', col="green",`
■ `xlim=c(75, 95), ylim=c(0,0.3)) #고정시켜라.`
- `abline(v=x, col="green", lty=3)`

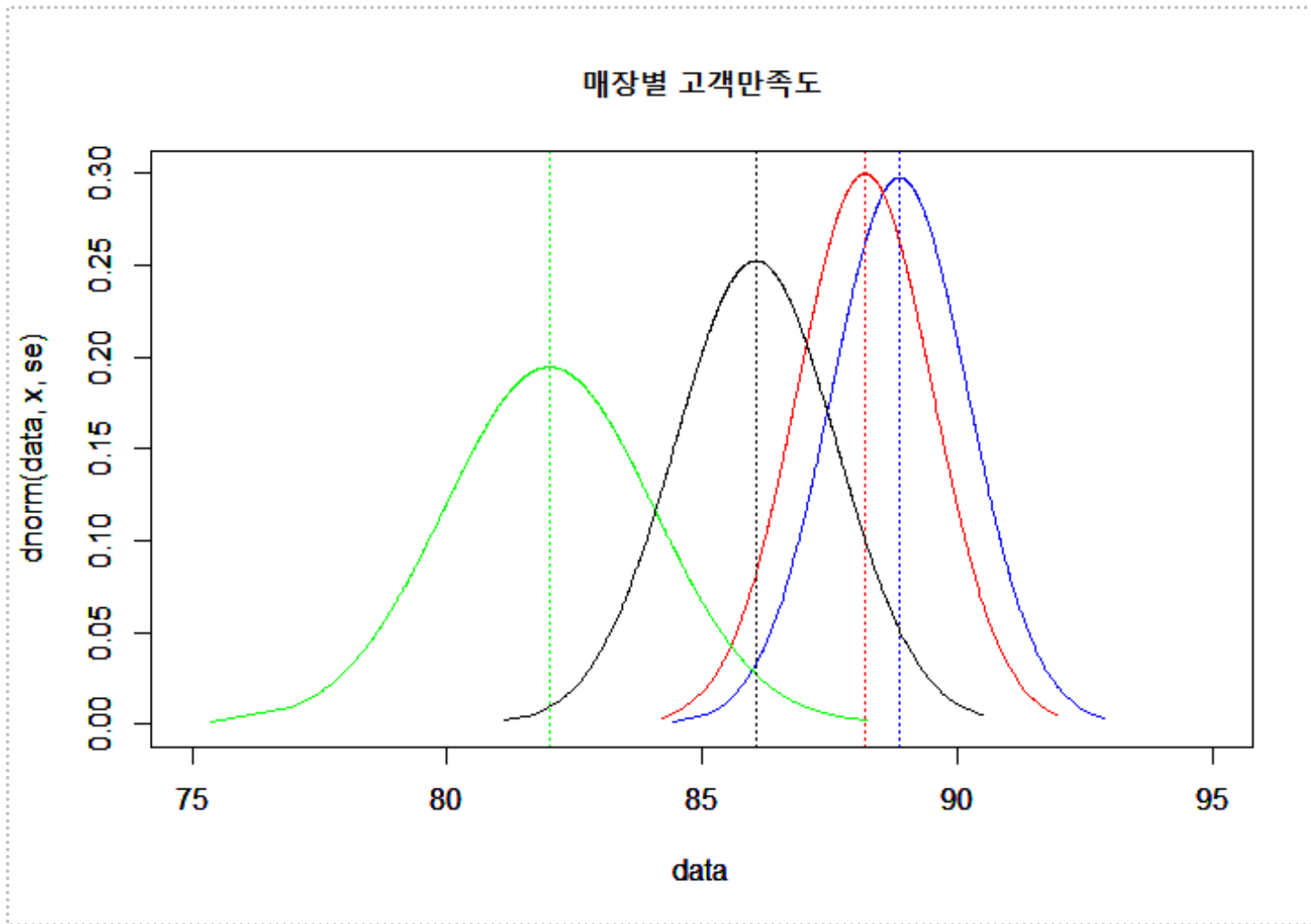


One-Way ANOVA

- par(new=T) #겹쳐서 찍어라~~
- `x=86.05` # 정규분포로 표시(강북)
- `se=1.58`
- `data <- rnorm(1000, x, se)`
- `data <- sort(data)`
- `plot(data, dnorm(data, x, se), type='l', col="black",`
 `xlim=c(75, 95), ylim=c(0,0.3))`
- `abline(v=x, col="black", lty=3)`

- `detach(owaData)`

One-Way ANOVA



One-Way ANOVA

- 매장에 따른 소비자만족도를 분석한 결과 강동매장의 소비자만족도 (M=82)와 강북매장의 소비자만족도(M=86.05), 강서매장의 소비자만족도 (M=88.29), 강남매장의 소비자만족도(M=88.87)간에는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($F=3.546$, $p=0.016$).
- 추가로 사후분석을 한 결과 강동매장의 소비자 만족도가 가장 낮았고, 강서와 강남이 높게 나타났다.

분석결과 (n=139)

	강동 (n=30)	강북 (n=39)	강서 (n=32)	강남 (n=38)	F	p
스트레스	82.00	86.05	88.19	88.87	3.546	0.016
Tukey	a	a,b	b	b		



Repeated Measures ANOVA

- 반복측정 분산분석(repeated measurement ANOVA)
 - 동일한 실험 단위에 대해 여러 번의 측정을 하는 경우
- 문제의 정의
 - K대학에서 운영하는 **6개월 어학 프로그램**이 있다.
 - 어학 프로그램의 효과를 측정하기 위해 학습 프로그램에 참여한 학생을 대상으로 **프로그램 참여전, 3개월 후, 6개월 후**에 영어실력을 테스트하였다.
 - 관련 어학프로그램은 효과가 있는지? 있다면 언제부터 효과가 나타났을지를 검증해 보자
 - (5.RMA.sav).

Repeated Measures ANOVA

■ 가설

- 귀무가설(H_0): 어학프로그램은 **시점=시간에** 따라 차이가 없다.

$$H_0 : r_1 = r_2 = r_3 = 0$$

- 연구가설(H_1): 어학프로그램은 시점에 따라 차이가 있다.

$$H_1 : r_1 \neq r_2 \text{ or } r_1 \neq r_3 \text{ or } r_2 \neq r_3$$

■ 검정통계량

$$F_0 = \frac{SSK / (k - 1)}{SSE / (n - 1)(k - 1)} = \frac{MSK}{MSE} \sim F_\alpha(k - 1, (n - 1)(k - 1))$$

$$F_0 > F_\alpha(k - 1, (n - 1)(k - 1)) \text{ 이면 } H_0 \text{ 기각}$$

Repeated Measures ANOVA

■ 일원 반복측정 분산분석

개체	인자의 수준			
	실시전	3주 후	6주 후	
1	10	16	25	
2	11	17	26	
3	9	15	21	
4	9	14	20	
5	9	20	22	
•	•	•	•	
•	•	•	•	
•	•	•	•	
평균	11.08	19.15	29.46	

Repeated Measures ANOVA

- 오차항의 구형성=구형성 함수가 없음,=다른 방법 찾기

- 복합대칭성 (compound symmetry) : 각 반복측정치들 간의 **시간**에 따라서 상관관계가 모두 동일함을 의미

$$COV(\varepsilon)_{k \times k} = \sigma_2 \begin{pmatrix} 1 & \rho & \dots & \rho \\ \rho & 1 & \dots & \rho \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \rho & \dots & \rho & 1 \end{pmatrix}$$

- 구형성 조건을 만족한 경우 : 일변량 분석
- 구형성 조건 만족 안 할 경우 :
 - 다변량 방법
 - 오차항 수정 : 자유도를 수정하여 오차항의 구형성 조건을 만족하도록 만든 후 가설 검정 (그린하우스-가이서, 훈펠트 수정계수 이용)

3번측정하면 3번 오차가 매번 동일하다 라는것
꼭증명=구형성

Repeated Measures ANOVA

- 구형성 검정 (Mauchly's Test of Sphericity)
 - 구형성 조건을 만족한 경우
 - 일변량분석 (SPSS에서는 새로 분석해야 함)
 - 구형성 조건 만족 안 할 경우 :
 - 다변량 방법 (Multivariate Tests) 결과 이용
 - 오차항 수정 (Tests of Within-Subjects Effects) 결과 이용
- 오차항 수정방법
 - 자유도를 수정하여 오차항의 구형성 조건을 만족하도록 만든 후 가설 검정
 - **그린하우스-가이서, 훈펠트 수정계수 이용**
 - 다변량방법보다 일반적임

Repeated Measures ANOVA

- #### 반복측정 분산분석(Repeated Measures ANOVA) ####
- # 01.데이터 불러오기
- rmaData <- read.csv("./data/05.rma.csv",
- header=TRUE,
- na.strings = ".")
- str(rmaData)
- rmaData\$time <- factor(rmaData\$time,
- levels=c(1:3),
- labels=c("사전","3개월","6개월"))
-)



Repeated Measures ANOVA

Console C:/Users/leecho/Desktop/RStat/Ch08/ ➔

```
> ##### 반복측정 분산분석(Repeated Measures ANOVA) #####
>
> # 01.데이터 불러오기
> rmaData <- read.csv("./data/05.rma.csv",
+                      header=TRUE,
+                      na.strings = ".")
+ )
> str(rmaData)
'data.frame':  135 obs. of  3 variables:
 $ id   : int  1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...
 $ time : int  1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...
 $ score: int  63 60 61 57 58 58 53 58 58 57 ...
> |
```

Repeated Measures ANOVA

- `attach(rmaData)` # 객체연결 (`attach` -> `detach`)
- # 02.기본통계치 확인: `describe(psych`패키지 이용)
- `library(psych)`
- `describeBy(score, time, mat=T)`

Console C:/Users/leecho/Desktop/RStat/Ch08/ ↗

```
> attach(rmaData) # 객체연결 (attach -> detach)
```

```
>
```

```
> # 02.기본통계치 확인: describe(psych패키지 이용)
```

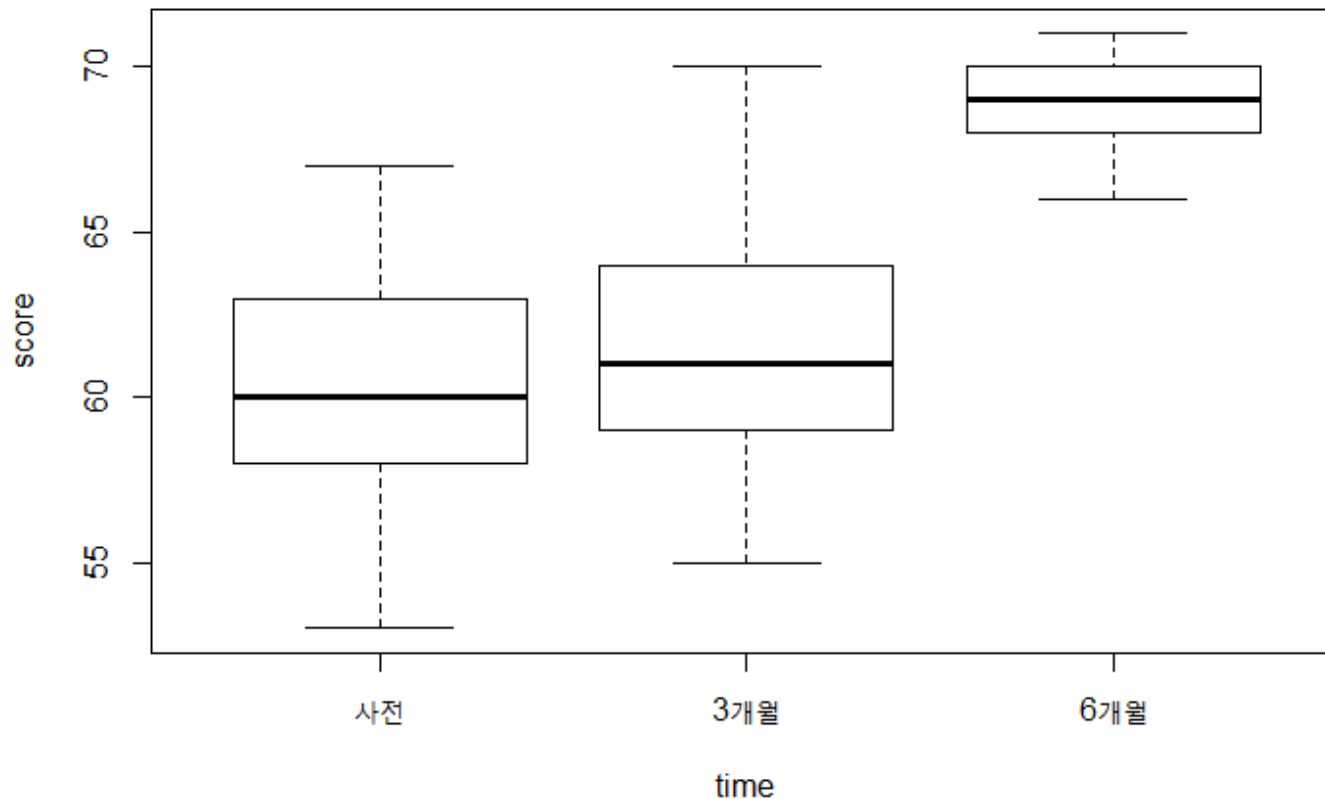
```
> library(psych)
```

```
> describeBy(score, time, mat=T)
```

	item	group1	vars	n	mean	sd	median	trimmed	mad	min	max	range
x11	1	사전	1	45	60.20000	3.216435	60	60.16216	2.9652	53	67	14
x12	2	3개월	1	45	61.60000	3.595452	61	61.48649	4.4478	55	70	15
x13	3	6개월	1	45	68.91111	1.144596	69	68.94595	1.4826	66	71	5
	skew	kurtosis	se									
x11	0.1839993	-0.7112490	0.4794778									
x12	0.2387869	-0.9207981	0.5359783									
x13	-0.1866731	-0.4780593	0.1706264									

Repeated Measures ANOVA

- # 03.그래프 그리기(박스그래프,히스토그램)
- `boxplot(score~time, data=rmaData, ylab="score", xlab="time")`



Repeated Measures ANOVA

- # 04.통계분석
- # 구형성(sphericity)검정: Mauchly's test.
- library(car)
- rmaMatrix <- cbind(score[time=="사전"], score[time=="3개월"], score[time=="6개월"])
- rmaModelLm <- lm(rmaMatrix ~ 1)
- timeF <- factor(c("사전","3개월","6개월"))
- options(contrasts=c("contr.sum", "contr.poly"))
- rmaResultMt <- **Anova**(rmaModelLm, idata=data.frame(timeF), #Anova 대문자
- idesign=~timeF, type="III")
- **summary(rmaResultMt, multivariate=F**



Repeated Measures ANOVA

```
> summary(rmaResultMt, multivariate=F)

Univariate Type III Repeated-Measures ANOVA Assuming Sphericity

              Sum Sq num Df Error SS den Df  F value    Pr(>F)
(Intercept) 545561      1   629.75    44 38117.91 < 2.2e-16 ***
timeF        1969      2   451.90    88  191.76 < 2.2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Mauchly Tests for Sphericity

      Test statistic p-value
timeF      0.92409 0.18315

Greenhouse-Geisser and Huynh-Feldt Corrections
for Departure from Sphericity

      GG eps Pr(>F[GG])
timeF 0.92944 < 2.2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

      HF eps  Pr(>F[HF])
timeF 0.9687656 7.39081e-32
!

```



Repeated Measures ANOVA

- # ANOVA 검정
- `rmaResult <- aov(score ~ time+ Error(id/time), data=rmaData)`
- `summary(rmaResult)`

Repeated Measures ANOVA

Console C:/Users/leecho/Desktop/RStat/Ch08/ ↗

```
> # ANOVA 검정
> rmaResult <- aov(score ~ time+Error(id/time), data=rmaData)
> summary(rmaResult)
```

```
Error: id
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Residuals 1  13.72   13.72
```

```
Error: id:time
      Df Sum Sq Mean Sq
time  2  1402   700.8
```

```
Error: Within
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
time    2    590   294.99   36.39 2.94e-13 ***
Residuals 129  1046    8.11
```

```
---
Signif. codes:
0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> |
```

p값으로
검증/연구가설



Repeated Measures ANOVA

- # 사후검정(Multicomparison test): Tukey HSD
- `install.packages("multcomp")`
- `library(multcomp)`
- `resultLm <- lm(score ~ time)`
- `TukeyResult <- glht(resultLm, linfct=mcp(time='Tukey'))`
- `summary(TukeyResult)`

- # 통계결과 그래프
- `plot(TukeyResult)`

Repeated Measures ANOVA

Console C:/Users/leecho/Desktop/RStat/Ch08/ ↗

```
> resultLm <- lm(score ~ time)
> TukeyResult <- glht(resultLm, linfct=mcp(time='Tukey'))
> summary(TukeyResult)
```

Simultaneous Tests for General Linear Hypotheses

Multiple Comparisons of Means: Tukey Contrasts

Fit: lm(formula = score ~ time)

Linear Hypotheses:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
3개월 - 사전 == 0	1.4000	0.6035	2.32	0.0566 .
6개월 - 사전 == 0	8.7111	0.6035	14.44	<0.001 ***
6개월 - 3개월 == 0	7.3111	0.6035	12.12	<0.001 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
(Adjusted p values reported -- single-step method)

Repeated Measures ANOVA

