

- Regola #1: Capire cosa stiamo facendo! Non usare pacchetti e funzioni alla cieca
- *(Generalized) Linear mixed-effects models*: la complessità della struttura dei dati raccolti nella ricerca psicologica impone quasi subito l'uso (almeno) dei modelli misti (ma è anche un'opportunità)
- Materiali e codici disponibili su <https://www.memoryandlearninglab.it/> (i codici sono «autosufficienti» perché producono simulazioni da codice; possono generare dati ogni volta diversi → impostare un *seed* per riprodurre dati identici)
- *Come procedere?* Mixed-effects models, generalized models, model selection, SEM, data/effects visualization, design/power analysis, meta-analisi, networks, ecc. Un *format* utile: portare ogni volta un «problema» reale (come imposto il disegno di ricerca, come analizzo dei dati, come rispondo a un revisore), discuterlo insieme davanti a RStudio dicendoci la brutale verità
- Cosa bolle in pentola: *methodological review board*? Daniel Lakens ci parlerà (probabilmente il 10 marzo) dell'esperienza di Eindhoven; per iscrizioni alla mailing list **PsicoStat**: <https://psicostat.dpss.psy.unipd.it/contact.html>

**nature**

WORLD VIEW | 03 January 2023

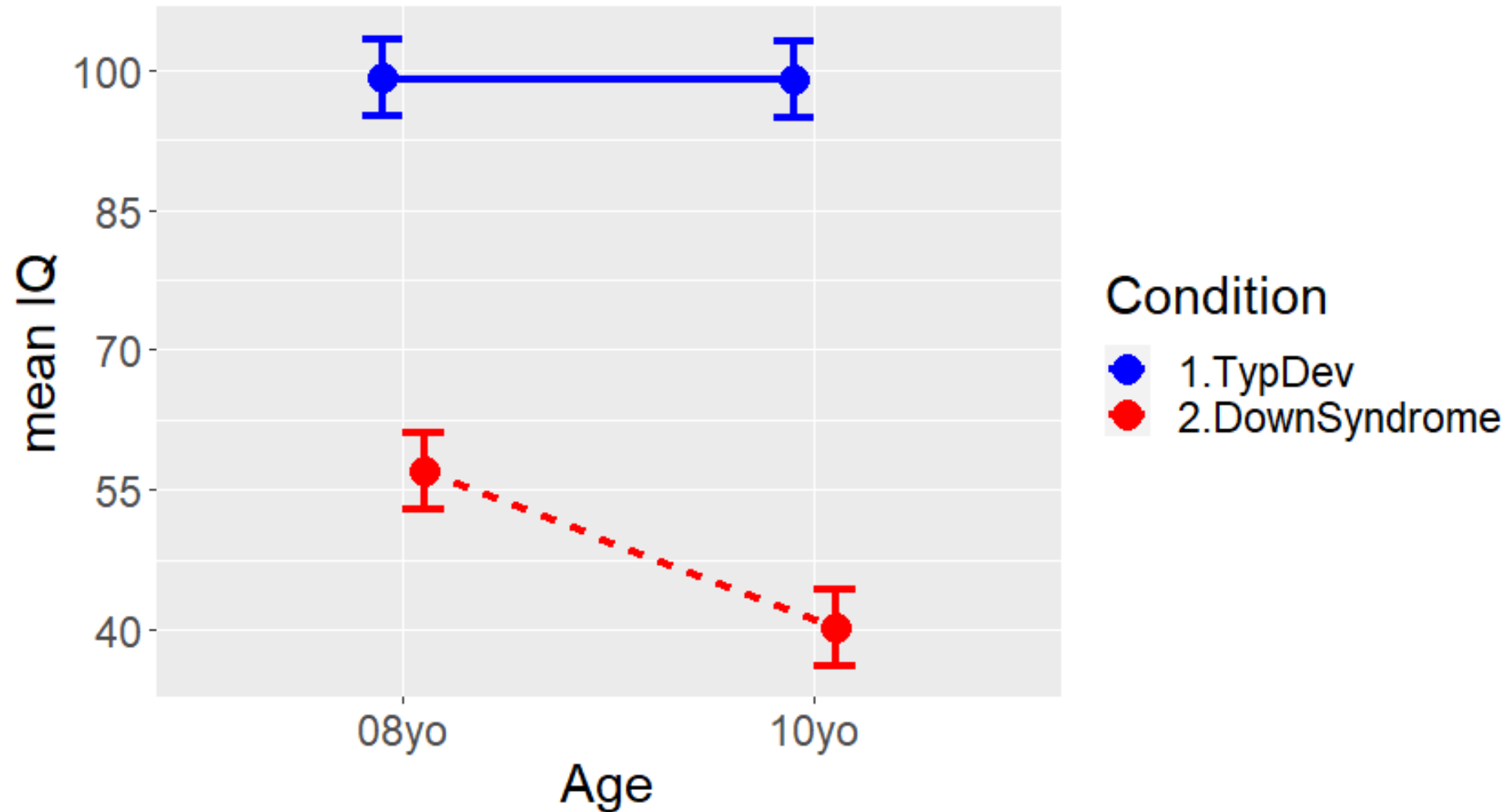
**Is my study useless? Why  
researchers need methodological  
review boards**



```
> fit1 = lm(IQ ~ Condition * Age, data=d)
```

```
> summary(fit1)$coef
```

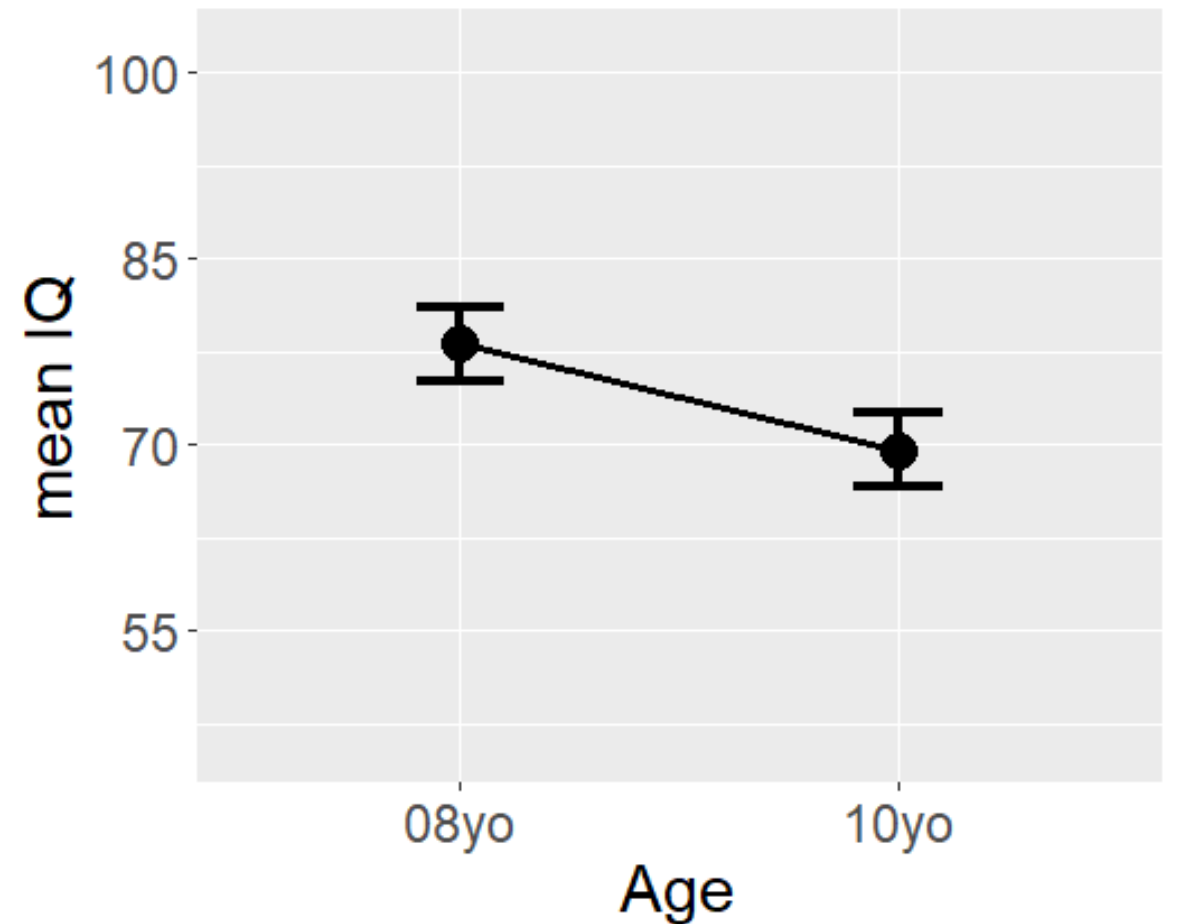
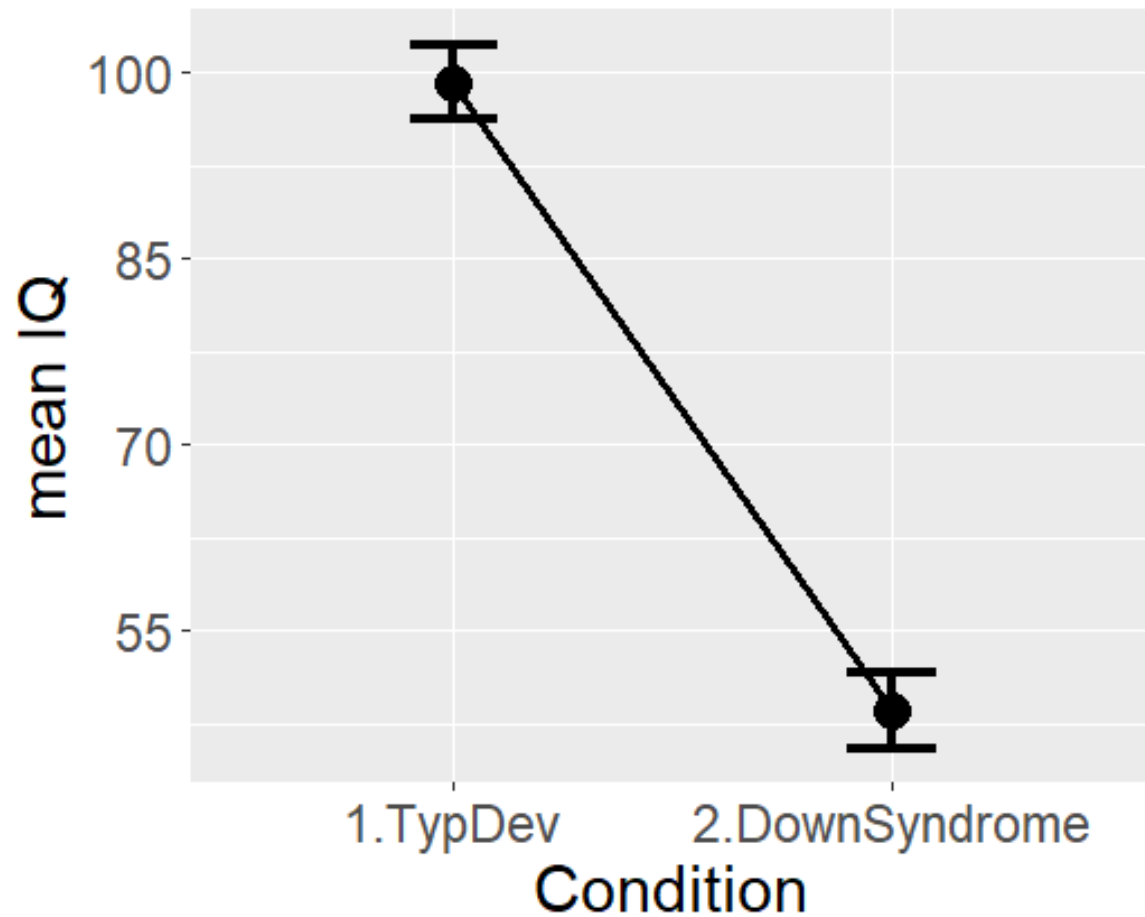
|                                 | Estimate    | Std. Error | t value     | Pr(> t )      |
|---------------------------------|-------------|------------|-------------|---------------|
| (Intercept)                     | 99.2532660  | 2.070031   | 47.9477152  | 3.171769e-110 |
| Condition2.DownSyndrome         | -42.2214941 | 2.927466   | -14.4225386 | 1.294425e-32  |
| Age10yo                         | -0.2467921  | 2.927466   | -0.0843023  | 9.329021e-01  |
| Condition2.DownSyndrome:Age10yo | -16.6501501 | 4.140062   | -4.0217148  | 8.241451e-05  |



```
> fit0 = lm(IQ ~ Condition + Age, data=d)
```

```
> summary(fit0)$coef
```

|                         | Estimate   | Std. Error | t value    | Pr(> t )      |
|-------------------------|------------|------------|------------|---------------|
| (Intercept)             | 103.415803 | 1.860461   | 55.586103  | 2.344232e-122 |
| Condition2.DownSyndrome | -50.546569 | 2.148276   | -23.528900 | 3.945903e-59  |
| Age10yo                 | -8.571867  | 2.148276   | -3.990115  | 9.309606e-05  |



# Model comparisons

```
> fit0 = lm(IQ ~ Condition + Age, data=d)
> fit1 = lm(IQ ~ Condition * Age, data=d)
> fit1 = lm(IQ ~ Condition + Age + Condition:Age, data=d)
> anova(fit0,fit1)
Analysis of Variance Table
Model 1: IQ ~ Condition + Age
Model 2: IQ ~ Condition + Age + Condition:Age
  Res.Df    RSS Df Sum of Sq    F    Pr(>F)
1      197 45459
2      196 41993  1    3465.3 16.174 8.241e-05 ***
---
```

```
> AIC(fit0,fit0.C,fit1)
      df      AIC
fit0    4 1660.824
fit0.C  3 1926.360
fit1    5 1646.965
> BIC(fit0,fit0.C,fit1)
      df      BIC
fit0    4 1674.017
fit0.C  3 1936.255
fit1    5 1663.457
```

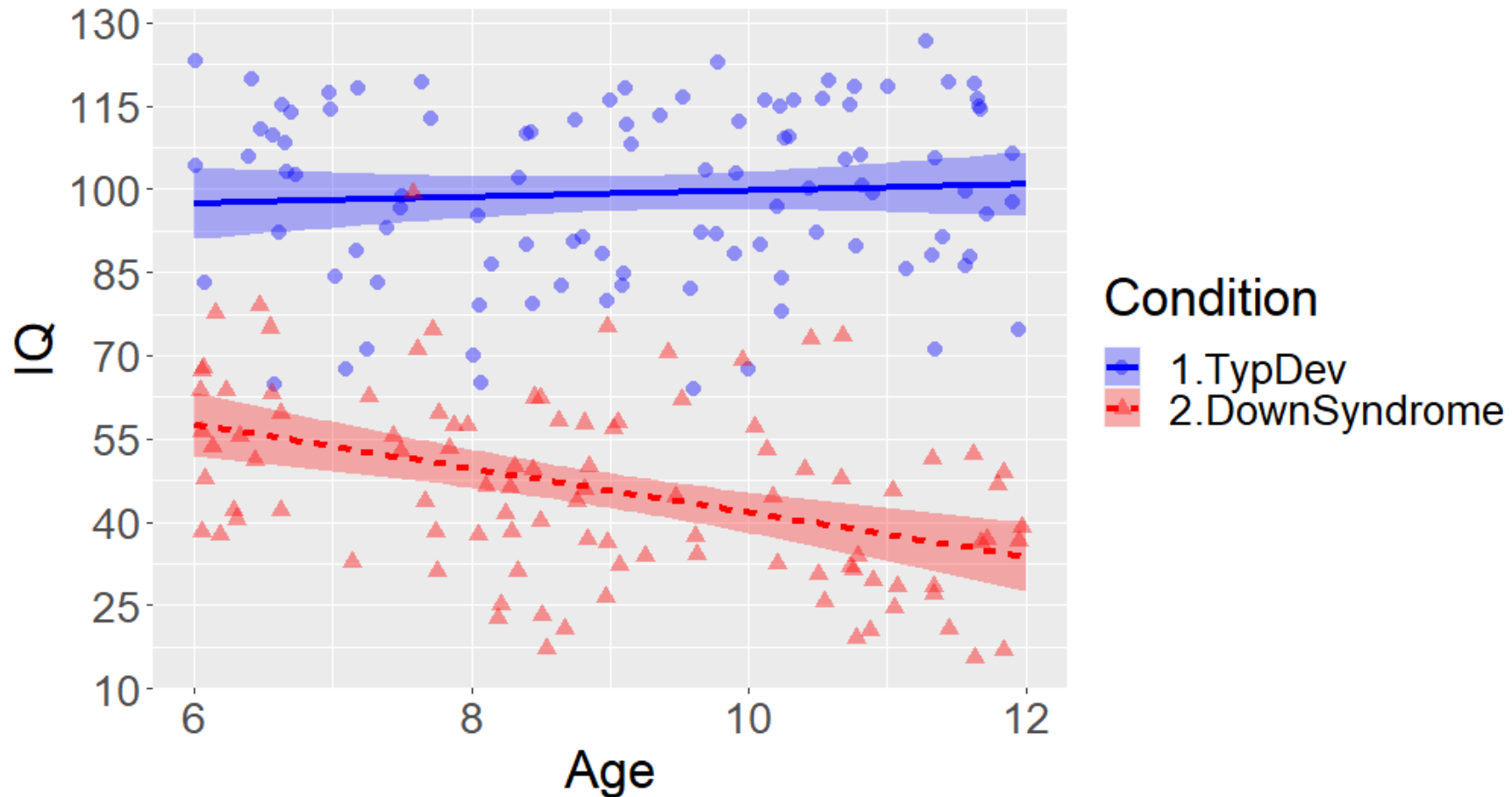
```
> fit0 = lm(IQ ~ Condition + Age, data=d)
> fit0.C = lm(IQ ~ Age, data=d)
> anova(fit0,fit0.C)
Analysis of Variance Table
Model 1: IQ ~ Condition + Age
Model 2: IQ ~ Age
  Res.Df    RSS Df Sum of Sq    F    Pr(>F)
1      197 45459
2      198 173206 -1   -127748 553.61 < 2.2e-16 ***
---
```

```
> anova(fit1)
Analysis of Variance Table
Response: IQ
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
Condition  1 127748  127748 596.252 < 2.2e-16 ***
Age         1   3674    3674  17.147 5.137e-05 ***
Condition:Age  1   3465    3465  16.174 8.241e-05 ***
Residuals 196  41993     214
```

→ Analysis of variance / model comparison indicated significance of the interaction effect,  $F(1,196) = 16.17$ ,  $p < .001$ . AIC and BIC also favoured the model with interaction,  $\Delta BIC = -10.6$ ,  $\Delta AIC = -13.9$ ,

```
> fit1 = lm(IQ ~ Condition * Age, data=d) # now «Age» is continuous
> summary(fit1)$coef
```

|                             | Estimate    | Std. Error | t value    | Pr(> t )     |     |
|-----------------------------|-------------|------------|------------|--------------|-----|
| (Intercept)                 | 94.0076404  | 8.381826   | 11.2156514 | 7.157181e-23 | *** |
| Condition2.DownSyndrome     | -12.5858167 | 11.525899  | -1.0919597 | 2.761912e-01 |     |
| Age                         | 0.5715792   | 0.894484   | 0.6390044  | 5.235661e-01 |     |
| Condition2.DownSyndrome:Age | -4.5396477  | 1.251005   | -3.6288012 | 3.632354e-04 | *** |



# Una nota sui Residui

La deviazione standard dei RESIDUI ( $\sigma$ ) stimata è 15.67  
*un valore che ci ricorda giustamente cosa?*

```
> sigma(fit1)
[1] 15.66665
```

Eppure la deviazione standard di IQ nei dati è

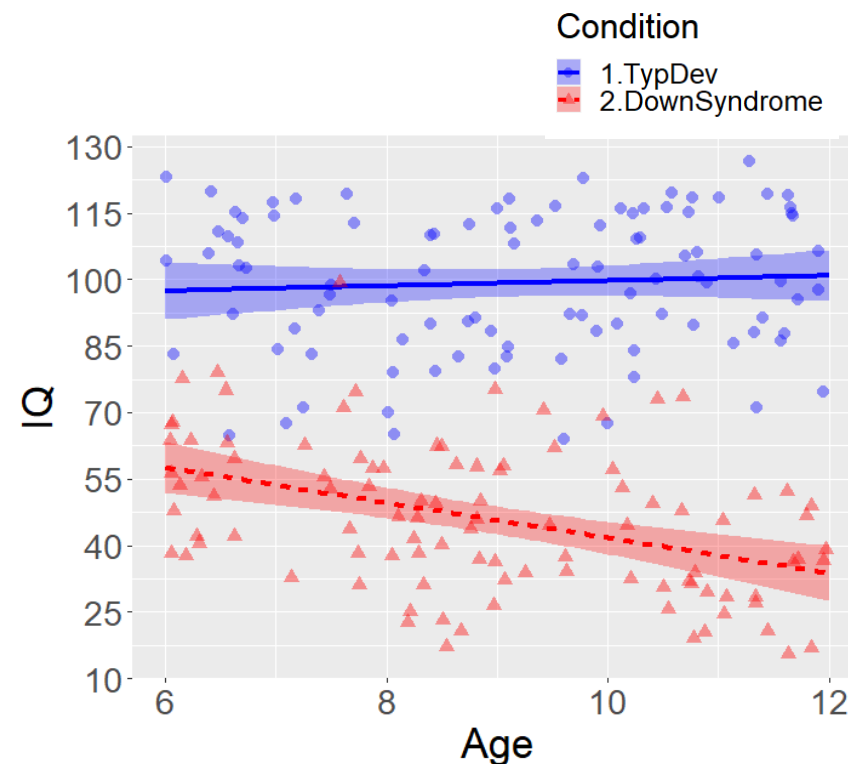
```
> sd(d$IQ)
[1] 31.21299
```

e la distribuzione NON è Normale:

```
> shapiro.test(d$IQ)
Shapiro-Wilk normality test
data:  d$IQ
W = 0.94668, p-value = 9.151e-07
```

Fortunatamente, però, è abbastanza Normale  
la distribuzione dei RESIDUI:

```
> shapiro.test(residuals(fit1))
Shapiro-Wilk normality test
data:  residuals(fit1)
W = 0.98746, p-value = 0.07485
```



- Il modello spiega una quota ampissima di varianza (~75%) dei dati osservati. Questo modifica molto la distribuzione dei RESIDUI, che sono gli scostamenti verticali dei dati osservati rispetto ai valori predetti
- **NON è la distribuzione dei dati, ma quella dei RESIDUI che deve essere (possibilmente) Normale**

# Esercizio

- Riprendiamo l'esempio sulla MathAnxiety: il suo effetto su MathAchievement è negativo, ma M e F hanno due coefficienti di regressione diversi, quindi c'è interazione  $\text{MathAchievement} \sim \text{Gender} * \text{MathAnxiety}$
- Vogliamo simulare i dati per poi fare una power analysis sul sample size necessario per trovare l'interazione
- Simulare dati dai coefficienti, usando la formula di equazione del modello, è preferibile perché capiamo cosa fa il modello, e perché diventa una strada quasi obbligata per simulare dati coi mixed-models
- Oggi però vediamo un modo più intuitivo:
  - Simuliamo i punti  $z$  di MathAchievement e MathAnxiety per due popolazioni distinte: M e F, eventualmente con valori medi leggermente «shiftati» per simulare le differenze medie, che però non sono il focus adesso
  - In ciascuna delle due popolazioni MathAchievement e MathAnxiety devono essere correlate, con dei precisi valori di  $r$  (-0.20 per i maschi, -0.30 per le femmine)
  - Combiniamo le due popolazioni in un'unica popolazione
  - Simuliamo uno studio in cui campioniamo  $N$  partecipanti dalla popolazione
  - Ripetiamo la simulazione 5000 volte per fare la power analysis