



GiViTI - Gruppo italiano per la Valutazione  
degli Interventi in Terapia Intensiva

# ANGOLO DELLA METODOLOGIA: PROPENSITY SCORE

[www.giviti.marionegri.it](http://www.giviti.marionegri.it)

**Meeting GiViTI 2025**

8 - 9 - 10 ottobre

Giovanni Tricella & Sara Bettoni



## LETTER

# SARS-CoV-2 breakthrough infections in vaccinated individuals requiring ventilatory support for severe acute respiratory failure



Stefano Finazzi<sup>1,2\*</sup>, Matilde Perego<sup>1,2</sup>, Giovanni Tricella<sup>1</sup>, Daniele Poole<sup>2,3</sup> and V. Marco Ranieri<sup>4\*</sup>  on behalf of GiViTI (Italian Group for the Evaluation of Interventions in Intensive Care Medicine)

## PREGRESSO

Il vaccino riduce il rischio di infezione



## LETTER

# SARS-CoV-2 breakthrough infections in vaccinated individuals requiring ventilatory support for severe acute respiratory failure



Stefano Finazzi<sup>1,2\*</sup>, Matilde Perego<sup>1,2</sup>, Giovanni Tricella<sup>1</sup>, Daniele Poole<sup>2,3</sup> and V. Marco Ranieri<sup>4\*</sup>  on behalf of GiViTI (Italian Group for the Evaluation of Interventions in Intensive Care Medicine)

## PREGRESSO

Il vaccino riduce il rischio di infezione

## DOMANDA

Acquisita l'infezione, cosa fa il vaccino?



## LETTER

# SARS-CoV-2 breakthrough infections in vaccinated individuals requiring ventilatory support for severe acute respiratory failure



Stefano Finazzi<sup>1,2\*</sup>, Matilde Perego<sup>1,2</sup>, Giovanni Tricella<sup>1</sup>, Daniele Poole<sup>2,3</sup> and V. Marco Ranieri<sup>4\*</sup>  on behalf of GiViTI (Italian Group for the Evaluation of Interventions in Intensive Care Medicine)

### PREGRESSO

Il vaccino riduce il rischio di infezione

### DOMANDA

Acquisita l'infezione, cosa fa il vaccino?

### IPOTESI

Il vaccino non ha effetto



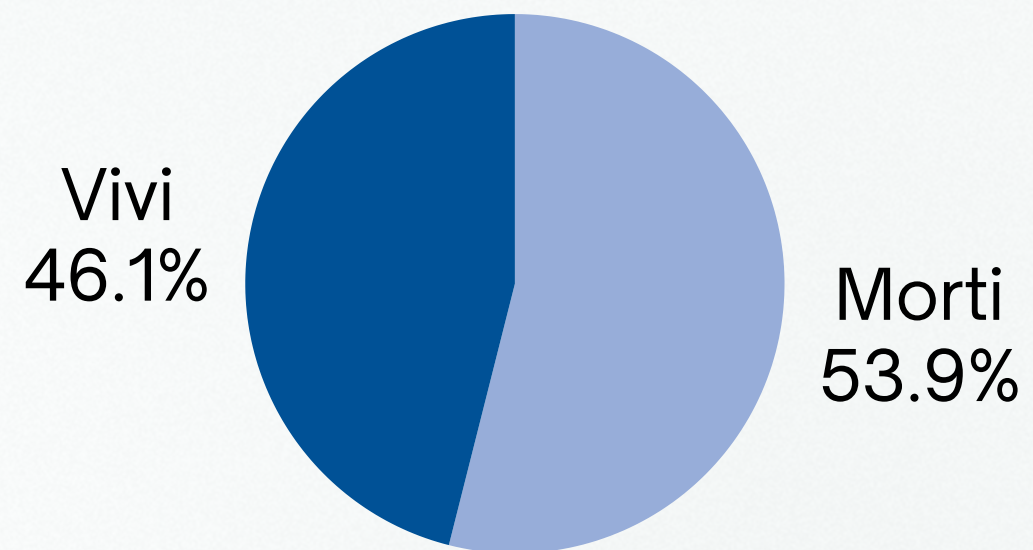
LETTER

# SARS-CoV-2 breakthrough infections in vaccinated individuals requiring ventilatory support for severe acute respiratory failure

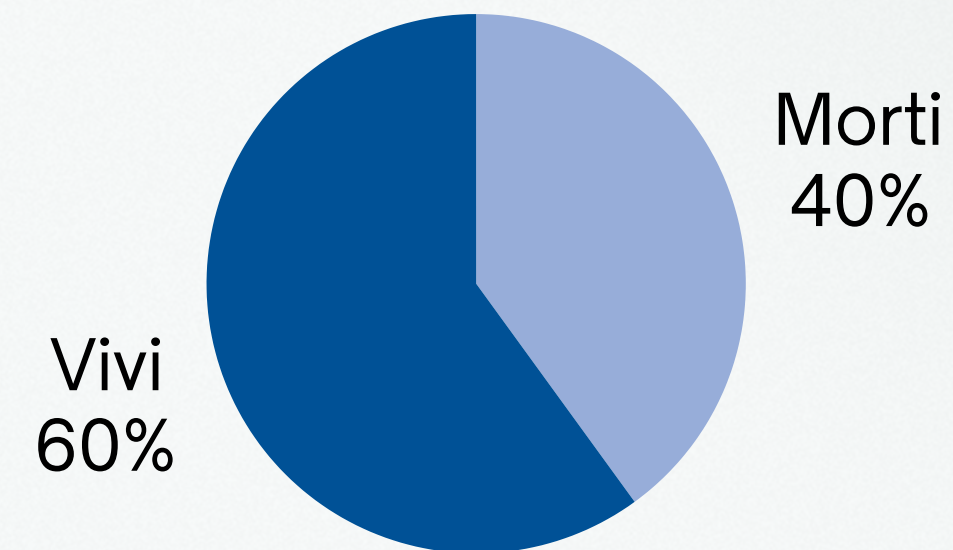


Stefano Finazzi<sup>1,2\*</sup>, Matilde Perego<sup>1,2</sup>, Giovanni Tricella<sup>1</sup>, Daniele Poole<sup>2,3</sup> and V. Marco Ranieri<sup>4\*</sup>  on behalf of GiViTI (Italian Group for the Evaluation of Interventions in Intensive Care Medicine)

## VACCINATI



## NON VACCINATI





# I due gruppi sono davvero confrontabili?

**ETA'**

**VACCINATI:** 71 (64,76)

**NON VACCINATI:** 63 (54, 71)

**COMORBIDITA'**

**VACCINATI:** 91.2 %

**NON VACCINATI:** 65.7 %

**SOFA**

**VACCINATI :** 6 (4, 8)

**NON VACCINATI:** 4 (3, 7)

**SAPSII**

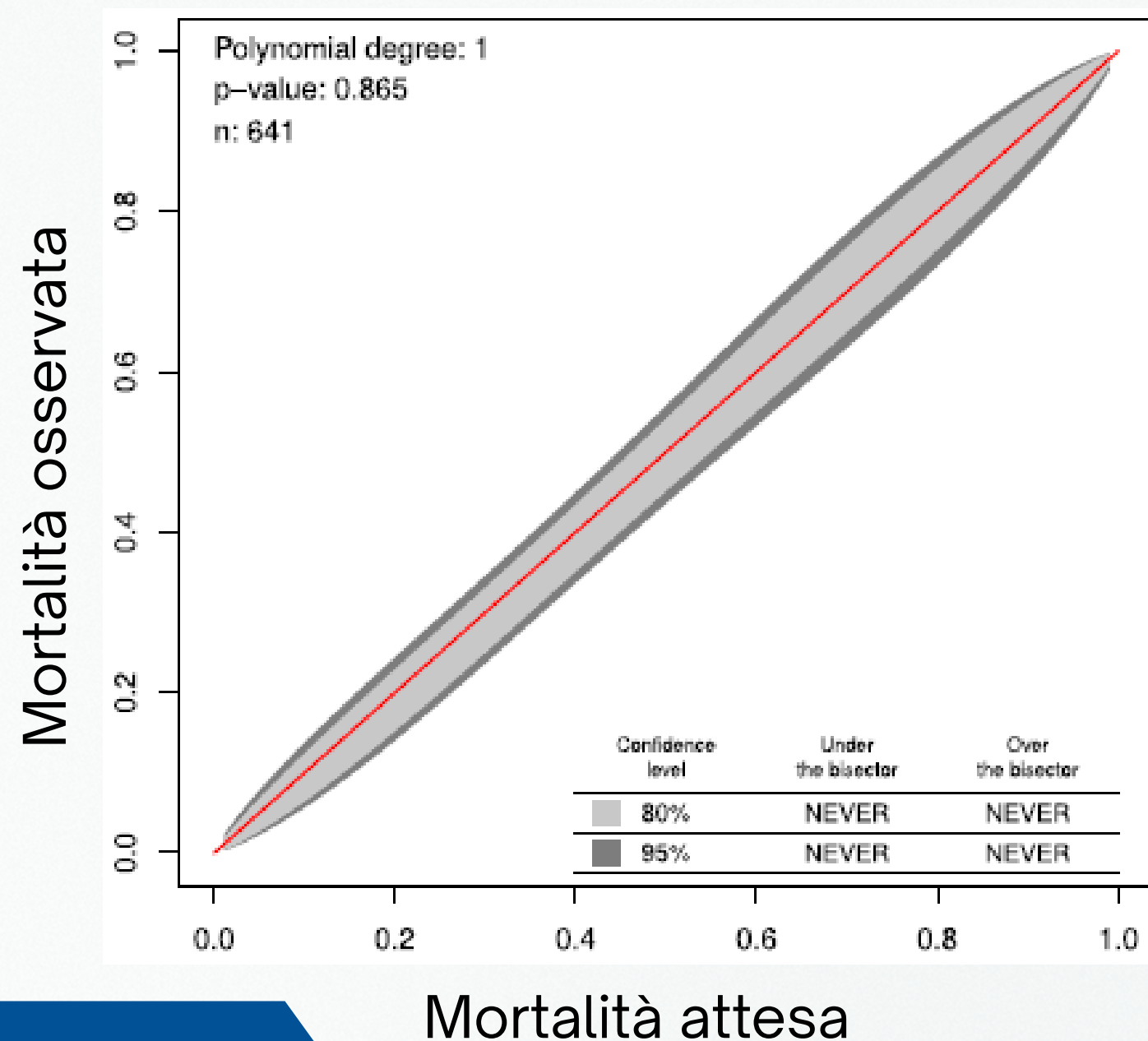
**VACCINATI:** 39 (32, 48)

**NON VACCINATI:** 32 (27, 41)

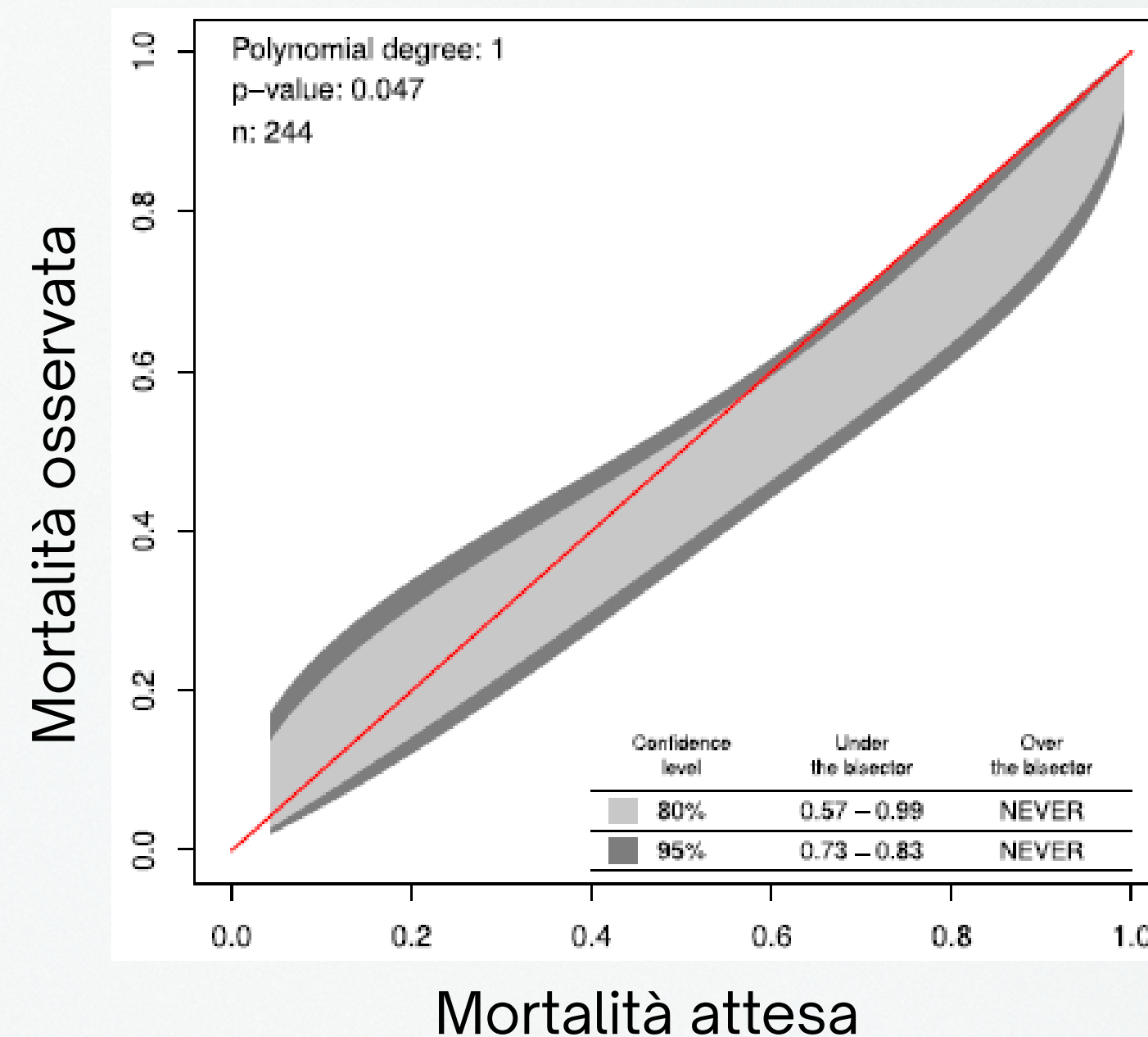


# Correggendo per le differenze tra i gruppi

## NON VACCINATI



## VACCINATI





# Propensity score

Probabilità che un paziente riceva il trattamento  
dato il suo profilo clinico



# Propensity score

Probabilità che un paziente riceva il trattamento  
dato il suo profilo clinico

Permette di rendere confrontabili i due gruppi





# Il ruolo dei confondenti

**CONFONDENTE**

Variabile causale che influenza sia  
l'esposizione che l'outcome



# Il ruolo dei confondenti

## CONFONDENTE

Variabile causale che influenza sia  
l'esposizione che l'outcome

Età, Comorbidità, Insufficienze  
d'organo, ...



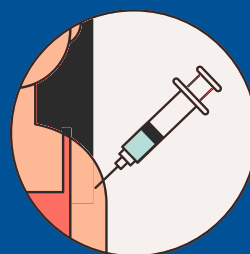
# Il ruolo dei confondenti

## CONFONDENTE

Variabile causale che influenza sia  
l'esposizione che l'outcome

Età, Comorbidità, Insufficienze  
d'organo, ...

## TRATTAMENTO





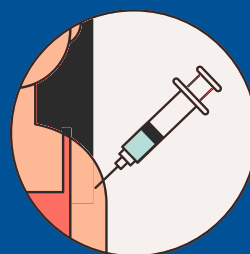
# Il ruolo dei confondenti

**CONFONDENTE**

Variabile causale che influenza sia  
l'esposizione che l'outcome

Età, Comorbidità ...

**TRATTAMENTO**

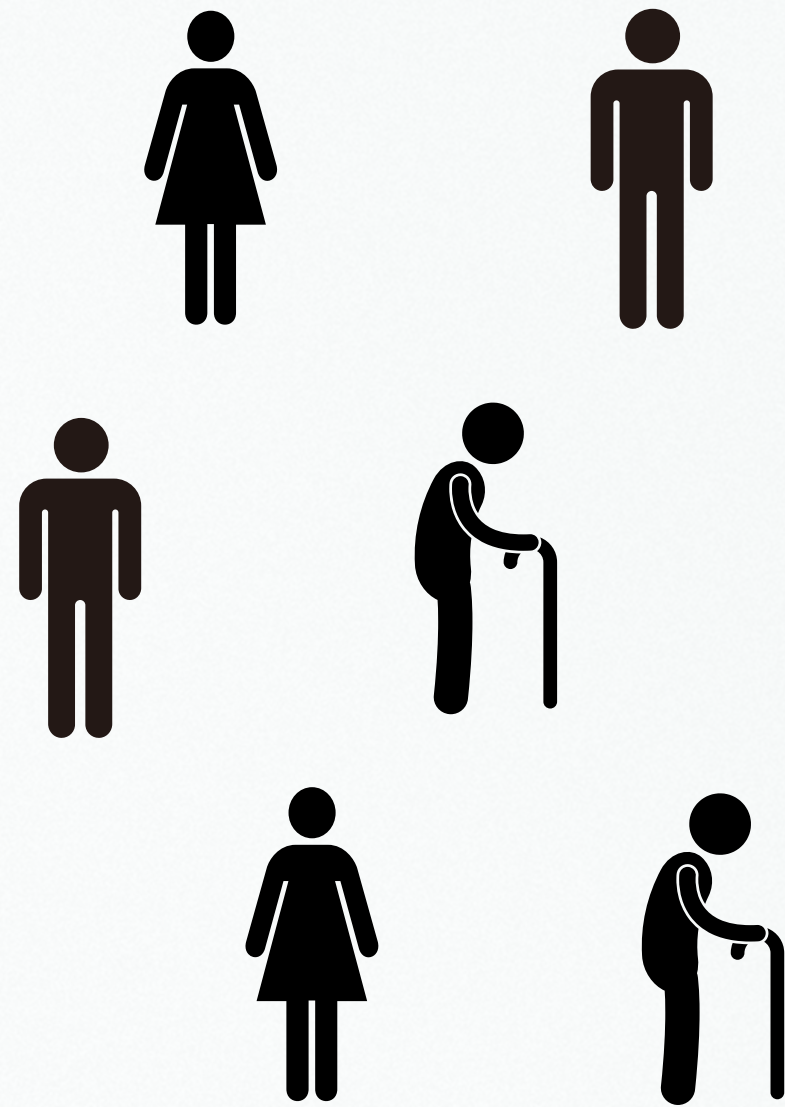


**OUTCOME**



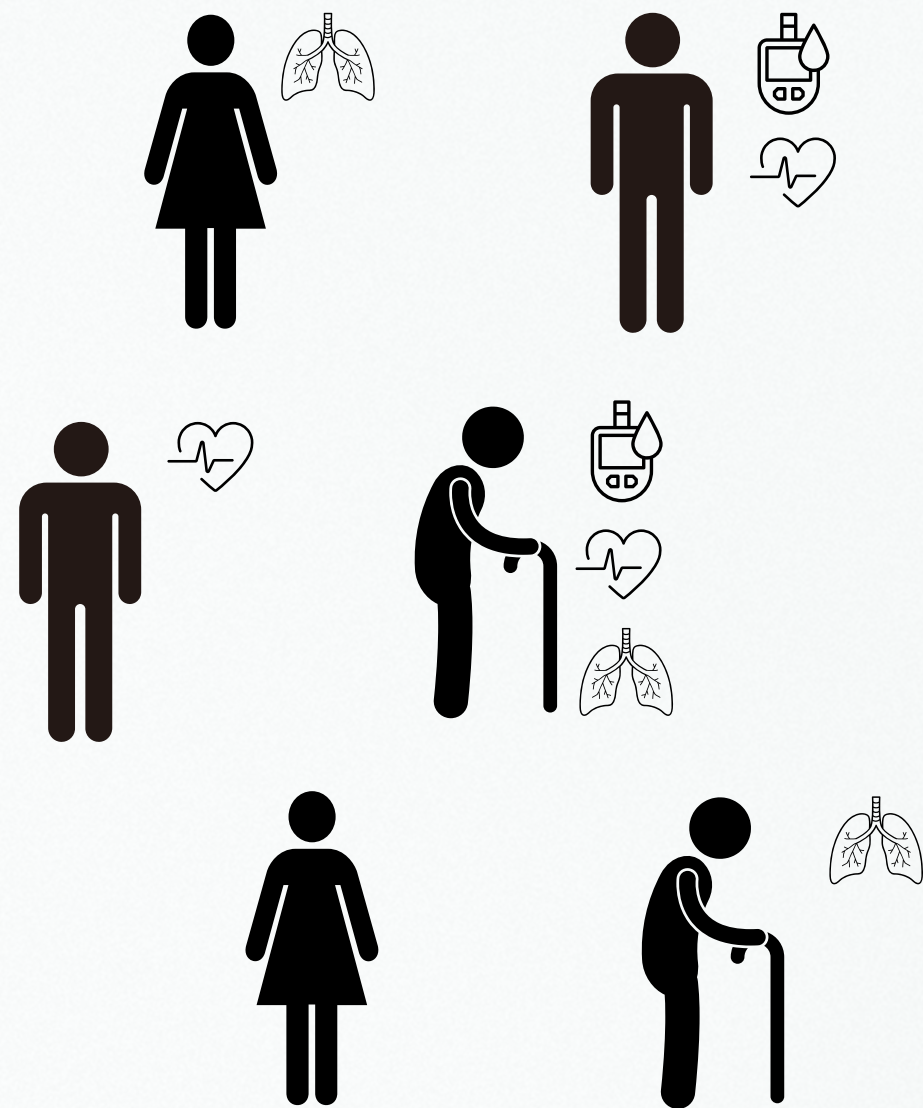


# Come si calcola il Propensity Score?



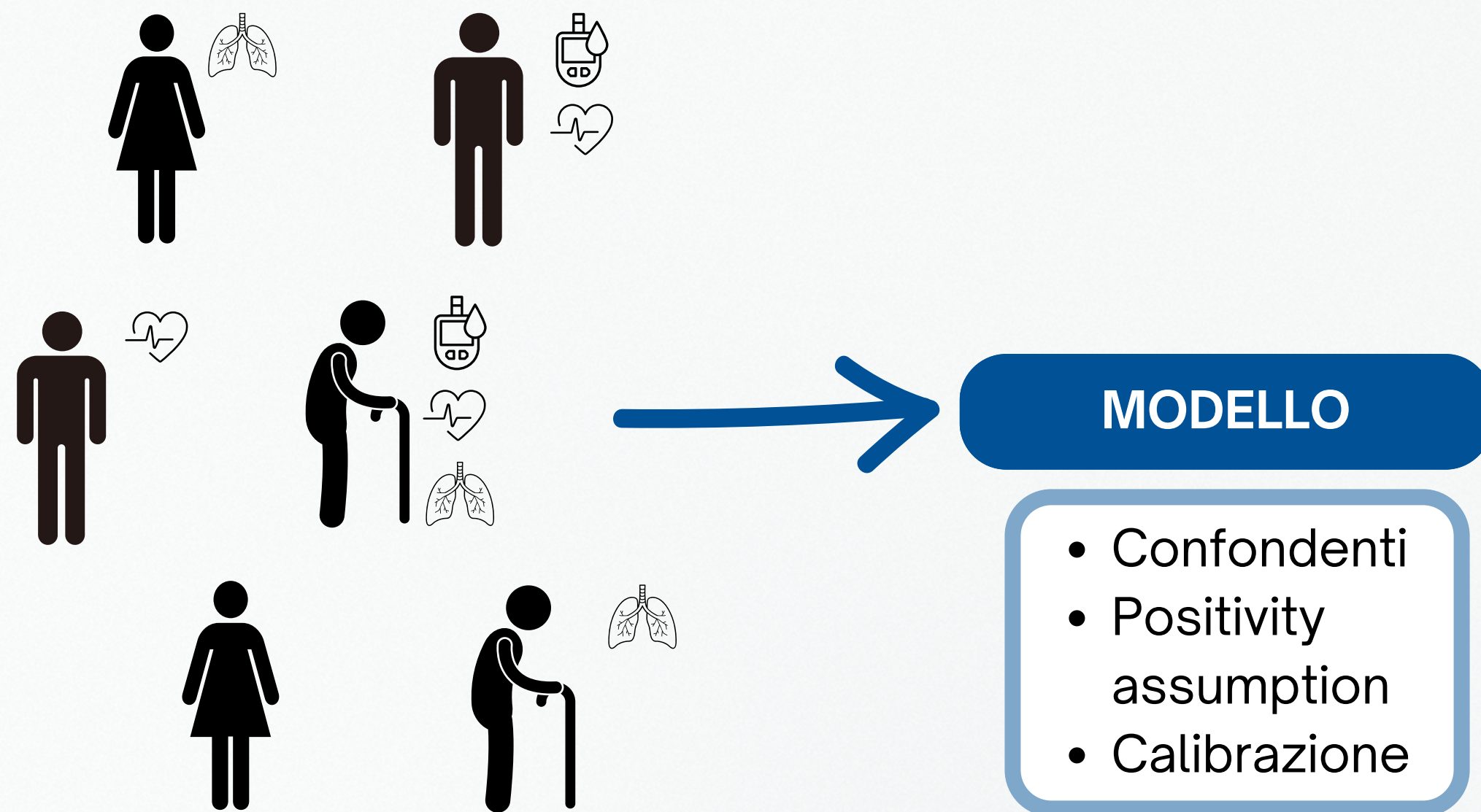


# Come si calcola il Propensity Score?



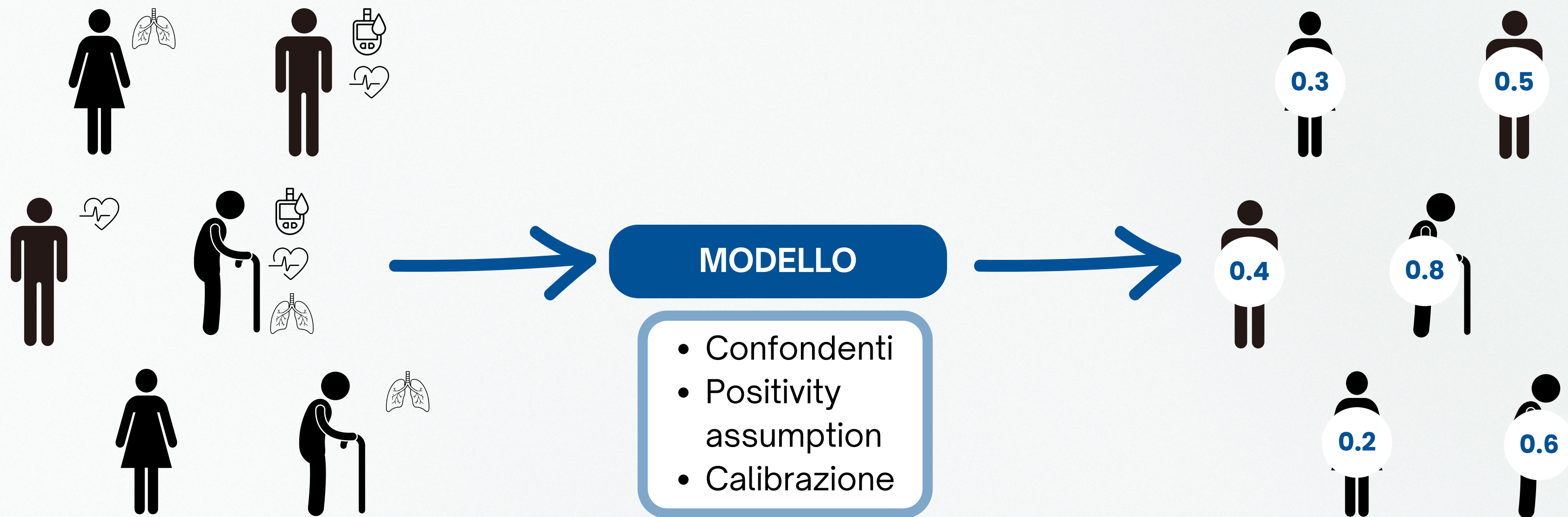


# Come si calcola il Propensity Score?





# Come si calcola il Propensity Score?





# Come rendiamo confrontabili i due gruppi?

**PROPENSITY SCORE  
MATCHING**



# Come rendiamo confrontabili i due gruppi?

## PROPENSITY SCORE MATCHING

Si calcola la probabilità di essere vaccinato in base alle caratteristiche cliniche



# Come rendiamo confrontabili i due gruppi?

## PROPENSITY SCORE MATCHING

Si calcola la probabilità di essere vaccinato in base alle caratteristiche cliniche

Si abbina ogni vaccinato con un non vaccinato con Propensity Score simile



A

**Vaccinato**

55 anni

BPCO

B

**Vaccinato**

20 anni

Nessuna

C

**Vaccinato**

80 anni

COPD, aritmia,  
diabete

D

**NON vaccinato**

68 anni

Diabete, aritmia

E

**NON vaccinato**

56 anni

Diabete, BPCO

F

**NON vaccinato**

21 anni

Nessuna



A

0,63

**Vaccinato**

55 anni

BPCO

B

0,15

**Vaccinato**

20 anni

Nessuna

C

0,91

**Vaccinato**

80 anni

COPD, aritmia,  
diabete

D

0,78

**NON vaccinato**

68 anni

Diabete, aritmia

E

0,64

**NON vaccinato**

56 anni

Diabete, BPCO

F

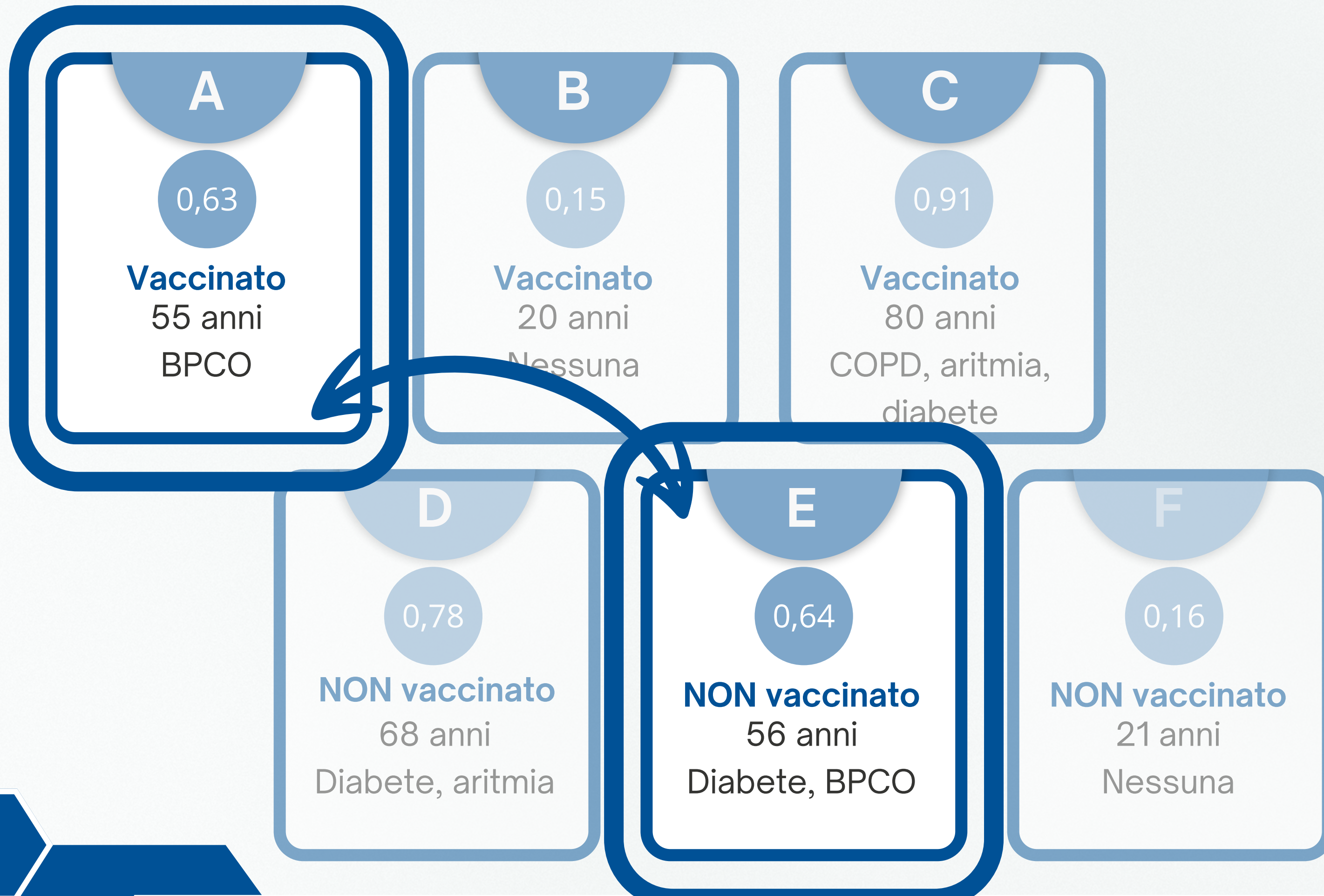
0,16

**NON vaccinato**

21 anni

Nessuna







A

0,63

**Vaccinato**

55 anni

BPCO

B

0,15

**Vaccinato**

20 anni

Nessuna

C

0,91

**Vaccinato**

80 anni

COPD, aritmia,  
diabete

D

0,78

**NON vaccinato**

68 anni

Diabete, aritmia

E

0,64

**NON vaccinato**

56 anni

Diabete, BPCO

F

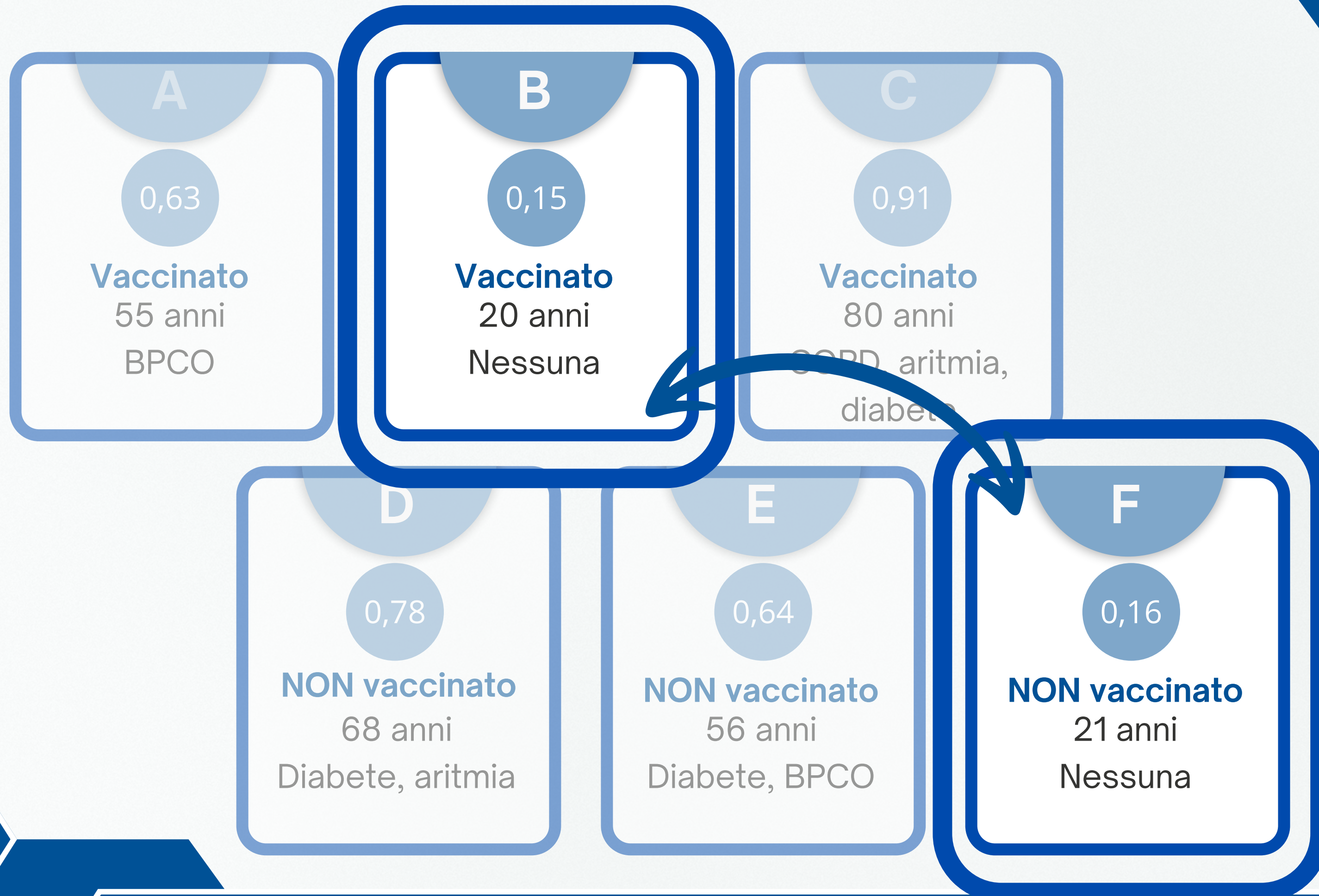
0,16

**NON vaccinato**

21 anni

Nessuna







A

0,63

**Vaccinato**

55 anni

BPCO

B

0,15

**Vaccinato**

20 anni

Nessuna

C

0,91

**Vaccinato**

80 anni

COPD, aritmia,  
diabete

D

0,78

**NON vaccinato**

68 anni

Diabete, aritmia

E

0,64

**NON vaccinato**

56 anni

Diabete, BPCO

F

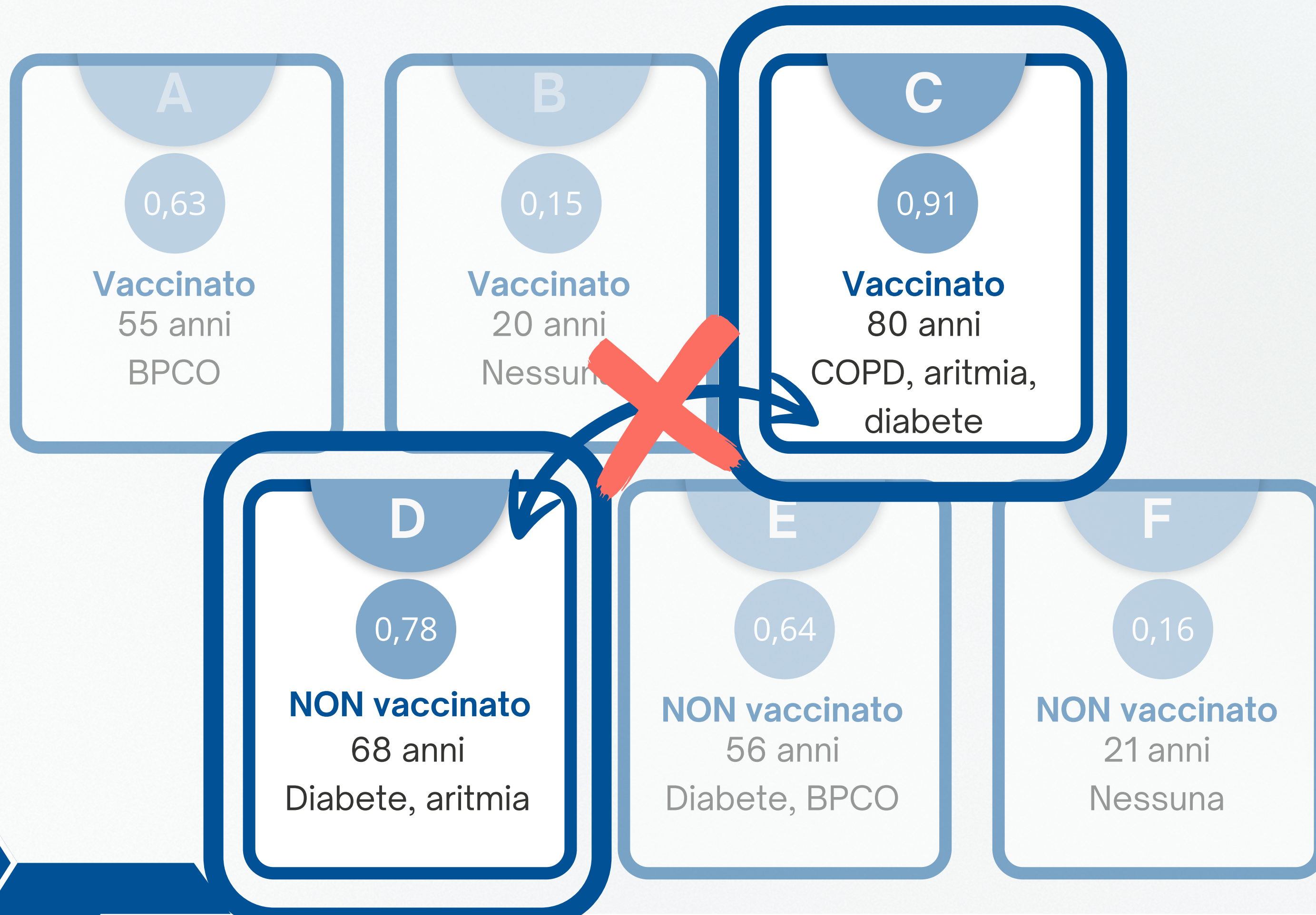
0,16

**NON vaccinato**

21 anni

Nessuna

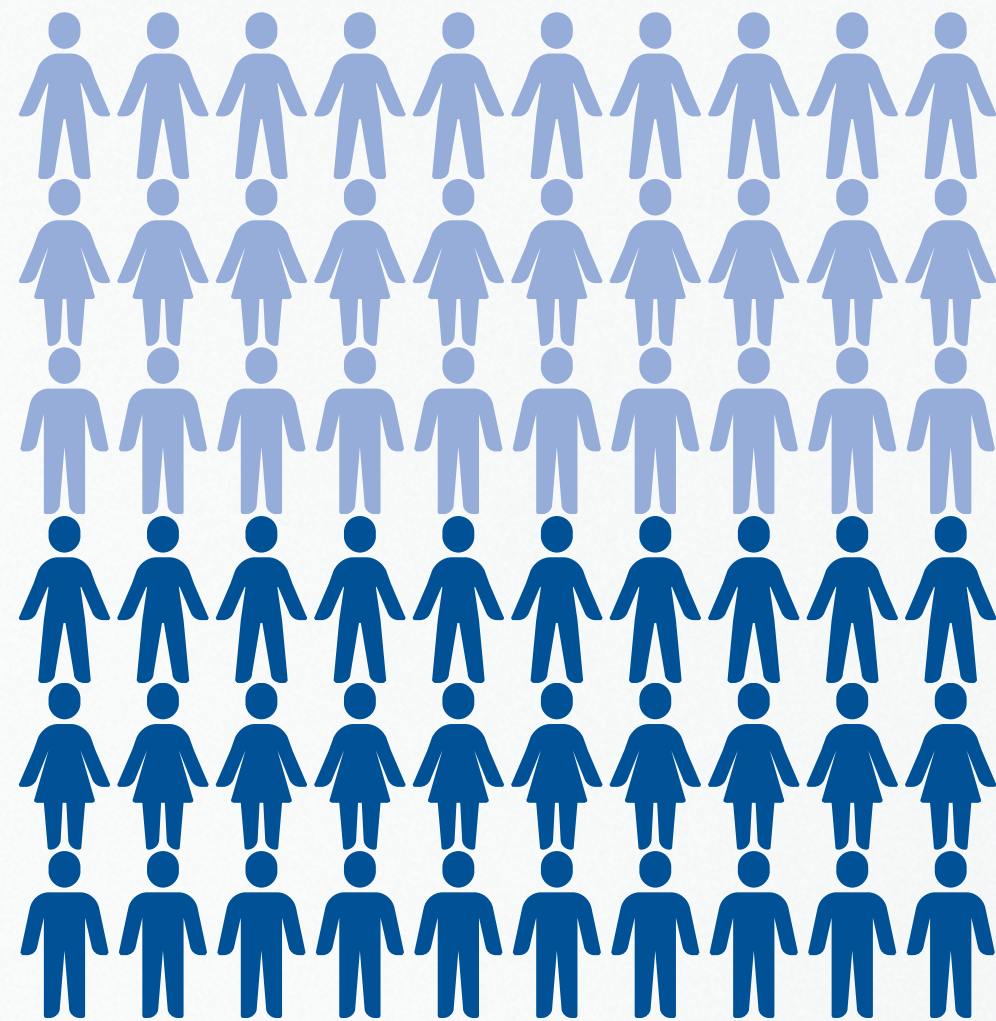




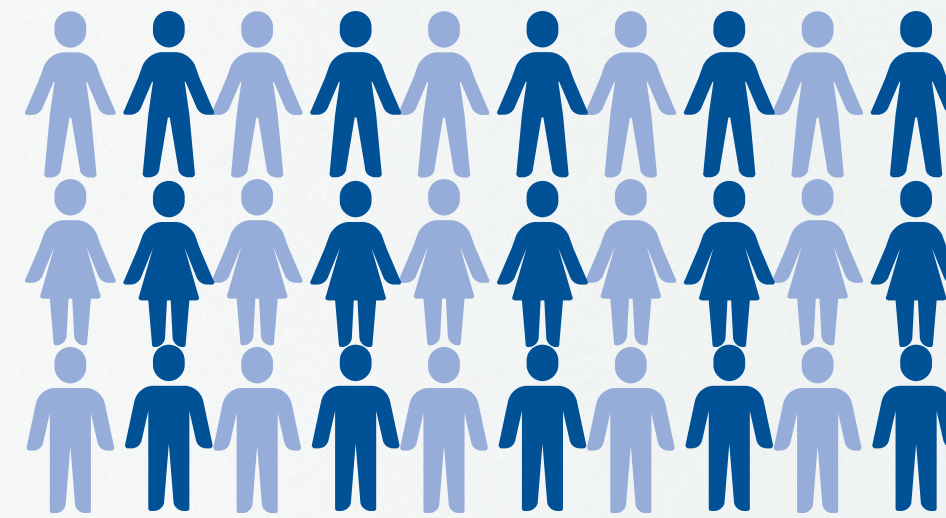
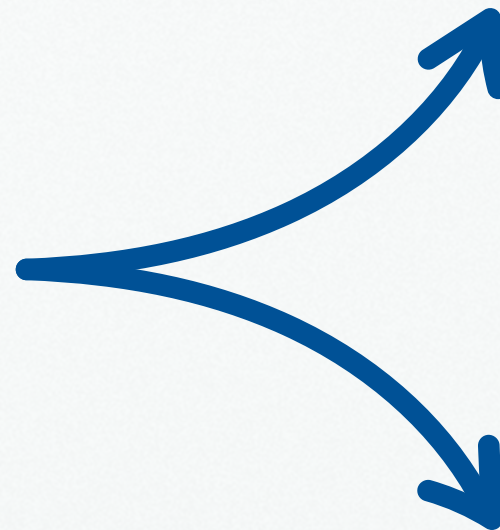


# Problema

Impossibilità di trovare un match per tutti i pazienti.

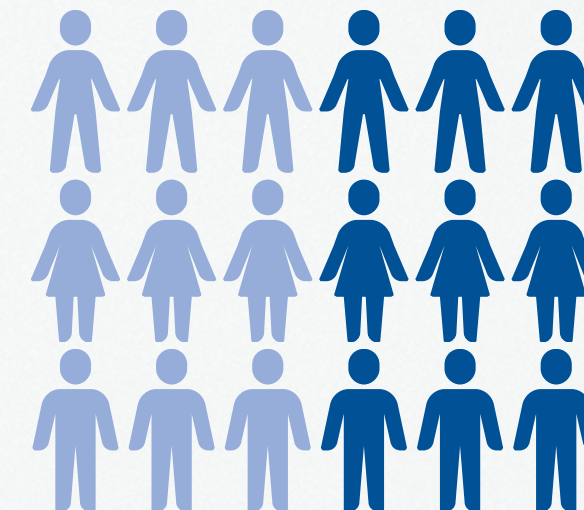


Campione iniziale



Pazienti inclusi

Pazienti esclusi





# Ma dobbiamo davvero rinunciare a questi pazienti?

**INVERSE PROBABILITY  
WEIGHTING**



# Ma dobbiamo davvero rinunciare a questi pazienti?

## INVERSE PROBABILITY WEIGHTING

Si calcola la probabilità di essere vaccinato in  
base alle caratteristiche cliniche



# Ma dobbiamo davvero rinunciare a questi pazienti?

## INVERSE PROBABILITY WEIGHTING

Si calcola la probabilità di essere vaccinato in base alle caratteristiche cliniche

Si assegna un peso ad ogni paziente

VACCINATI	NON VACCINATI
$1/P(T=1 X)$	$1/P(T=0 X) = 1/(1-P(T=1 X))$



A

0,63

**Vaccinato**

55 anni

BPCO

B

0,15

**Vaccinato**

20 anni

Nessuna

C

0,91

**Vaccinato**

80 anni

COPD, aritmia,  
diabete

D

0,78

**NON vaccinato**

68 anni

Diabete, aritmia

E

0,64

**NON vaccinato**

56 anni

Diabete, BPCO

F

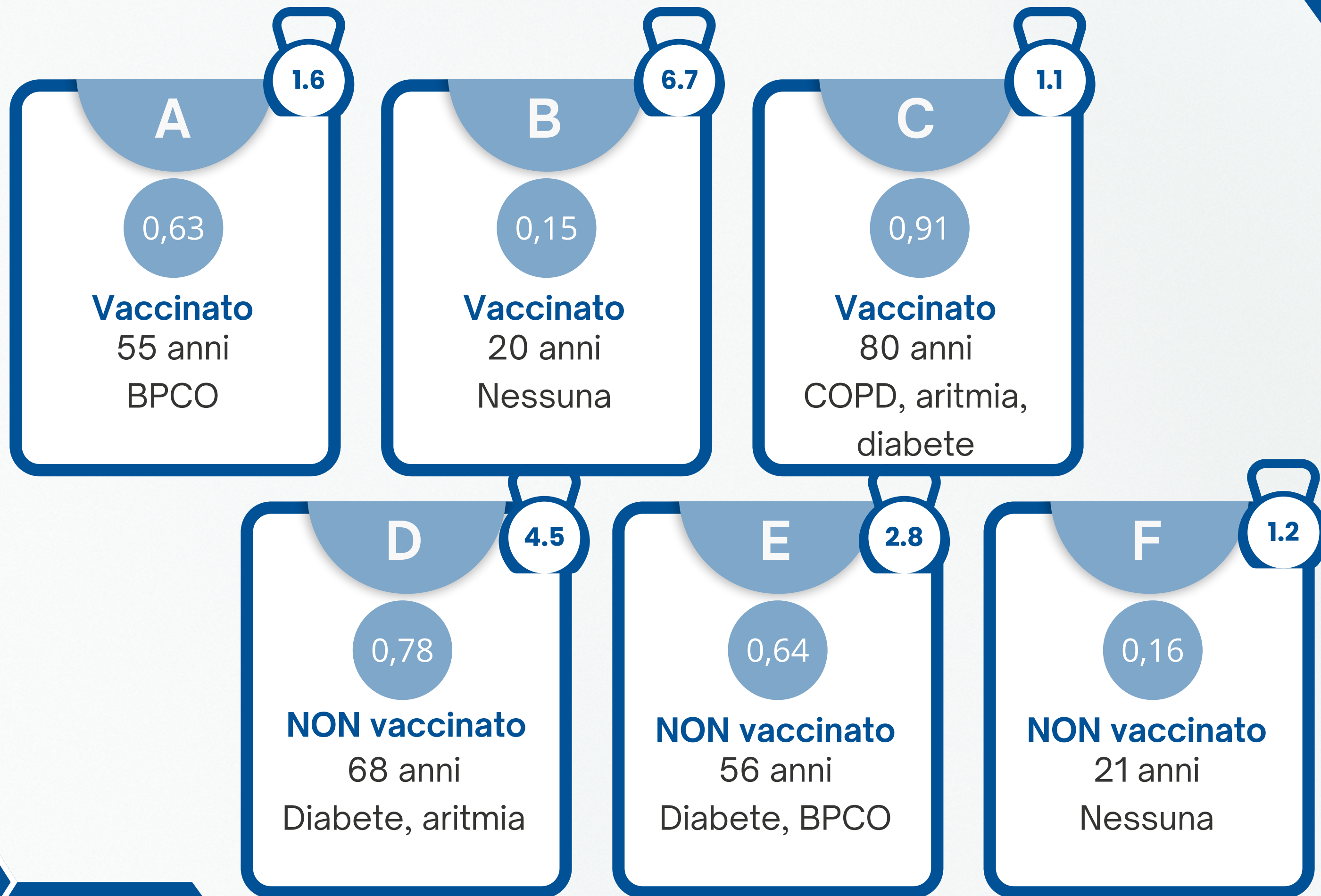
0,16

**NON vaccinato**

21 anni

Nessuna







# PROPENSITY SCORE: take home message





# PROPENSITY SCORE: take home message





# PROPENSITY SCORE: take home message





# PROPENSITY SCORE: take home message





# PROPENSITY SCORE: take home message





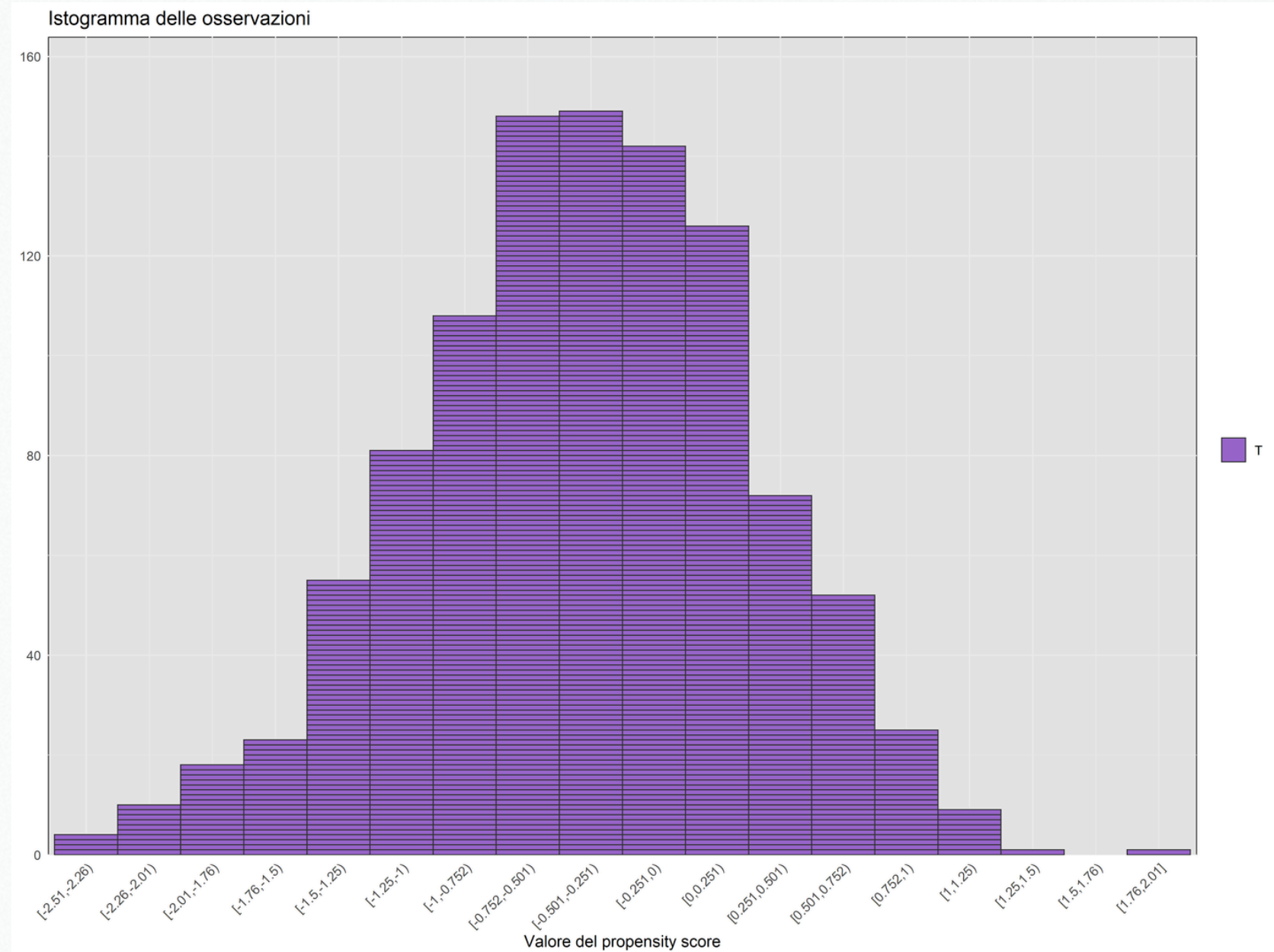
# PROPENSITY SCORE: take home message



Il propensity score è uno strumento utile per correggere il bias, ma funziona solo su ciò che possiamo misurare.



# Il case mix



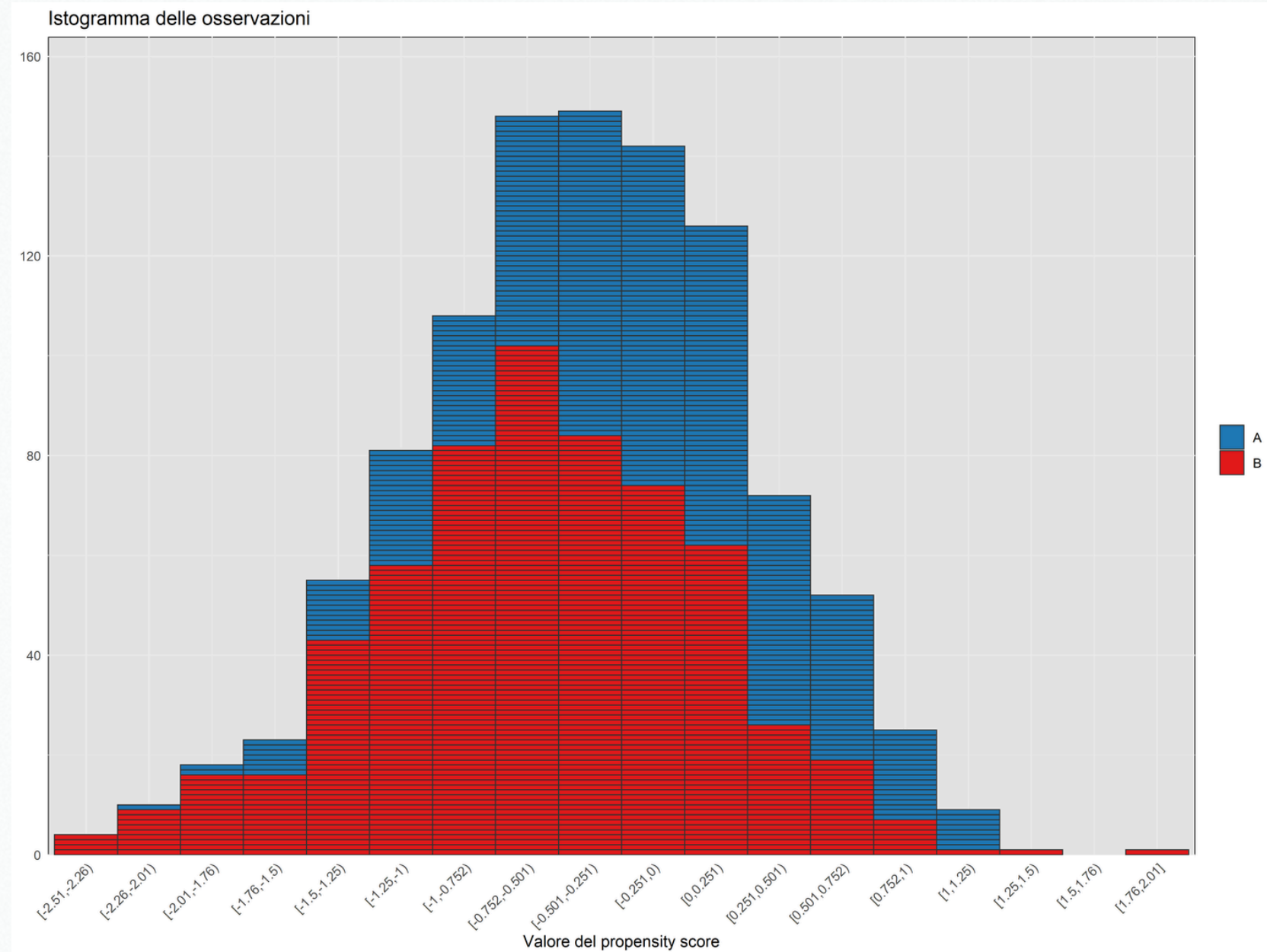
Per ogni paziente incluso, il trattamento è più o meno probabile

- Età
- SOFA
- diagnosi
- ...

Ma mai certo o impossibile



# Il case mix

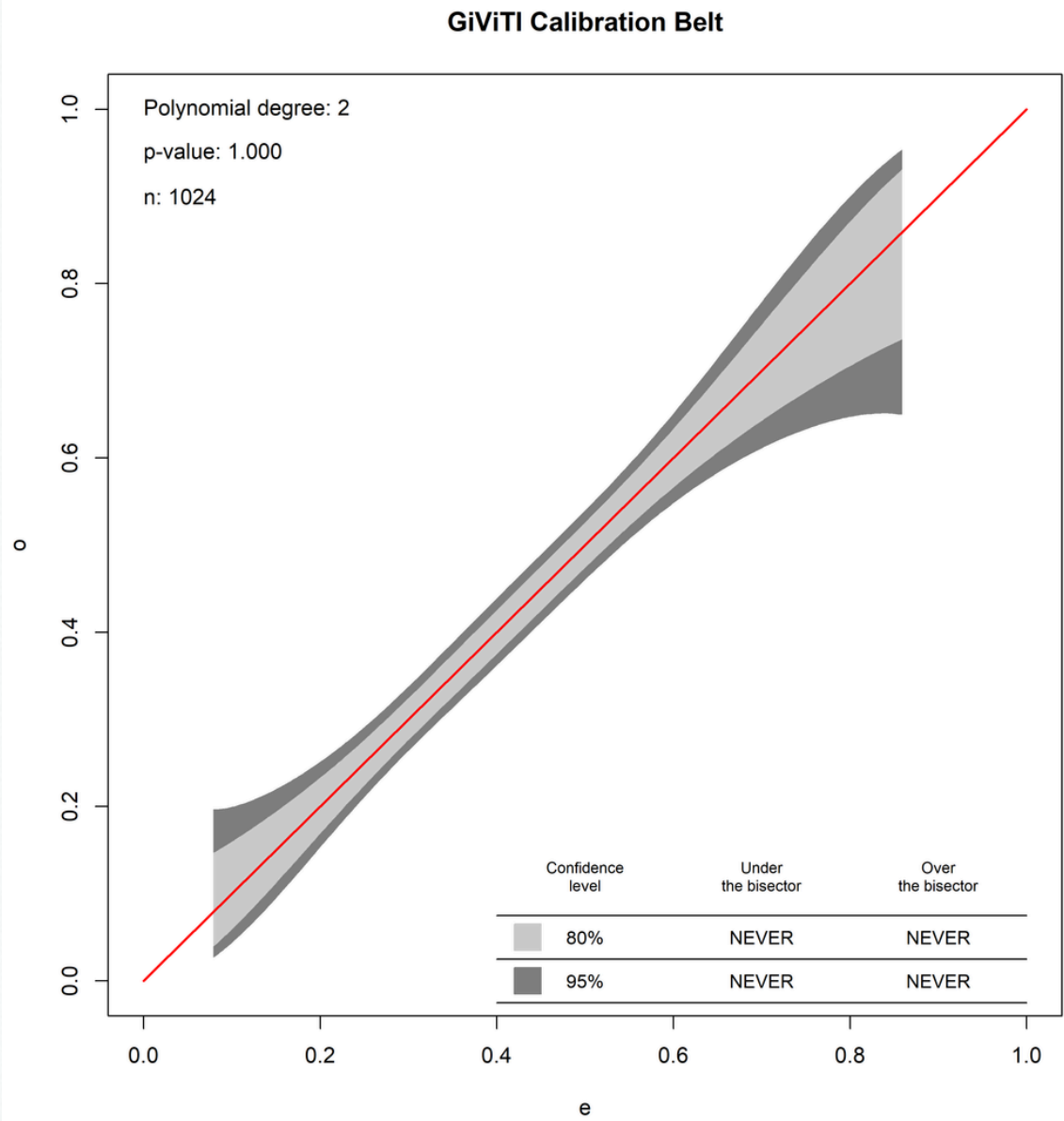
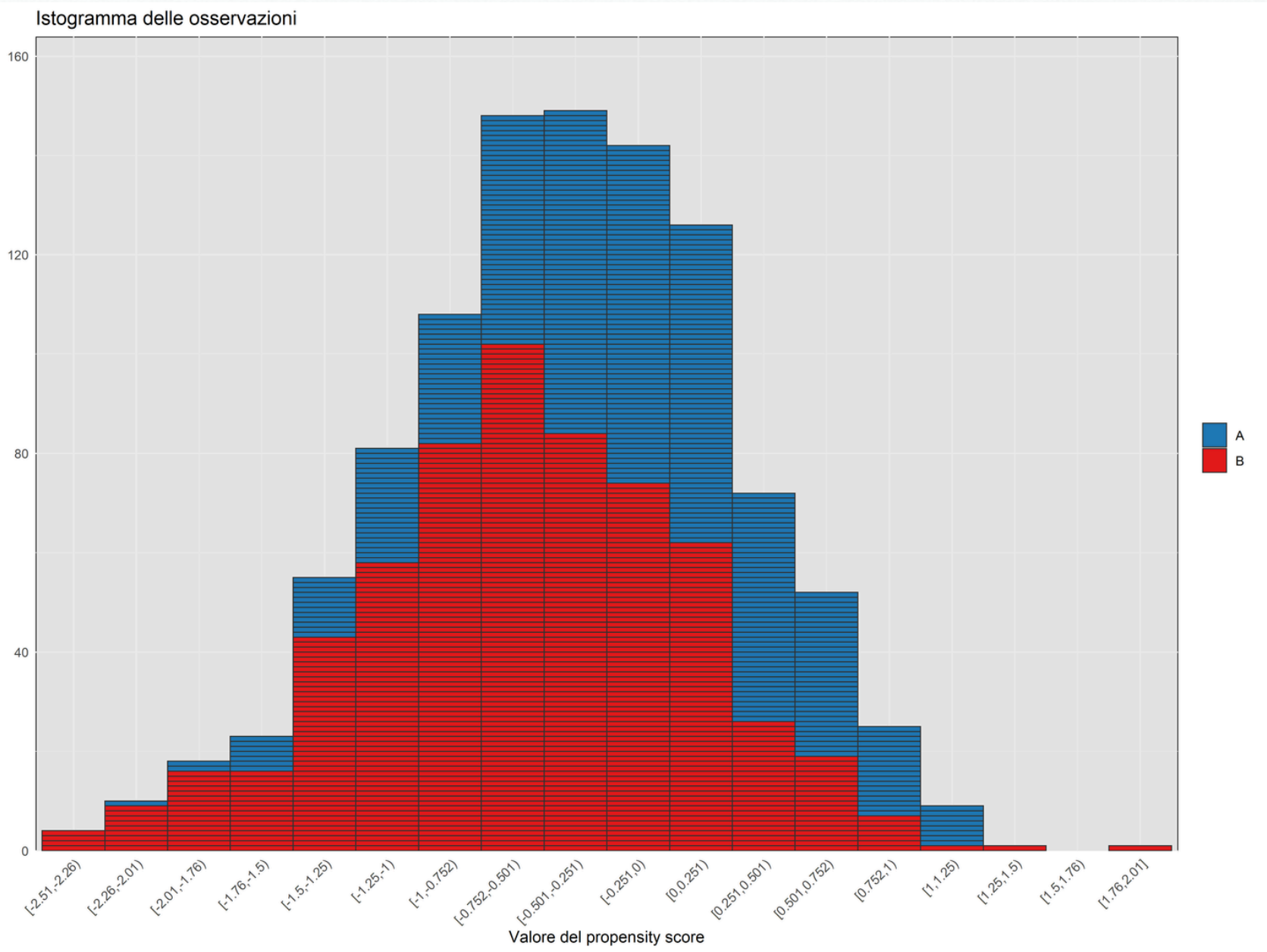


Alcuni trattati (blu), altri no (rosso)

distribuzioni NON separate:  
come nel matching, deve esistere  
il corrispettivo



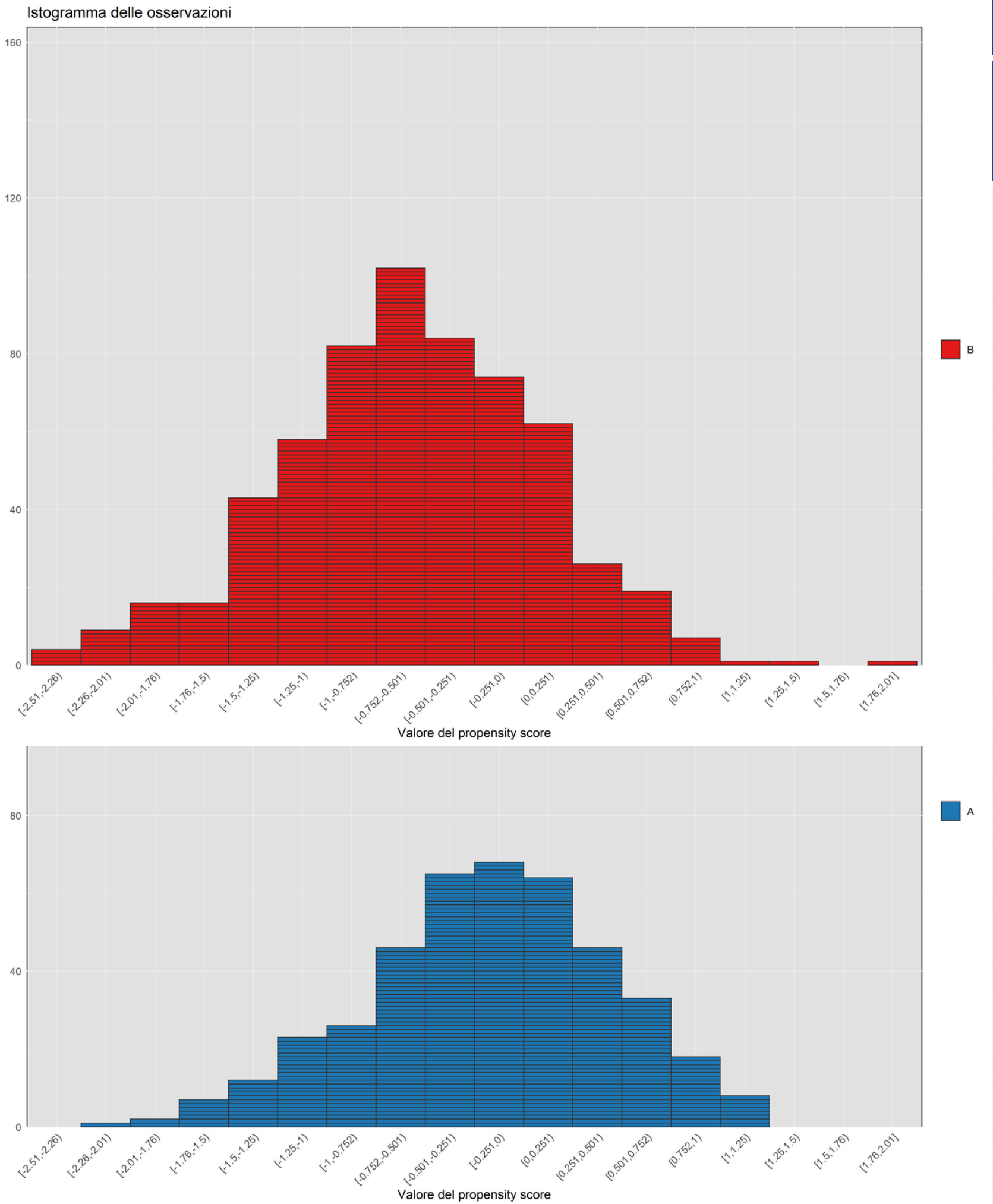
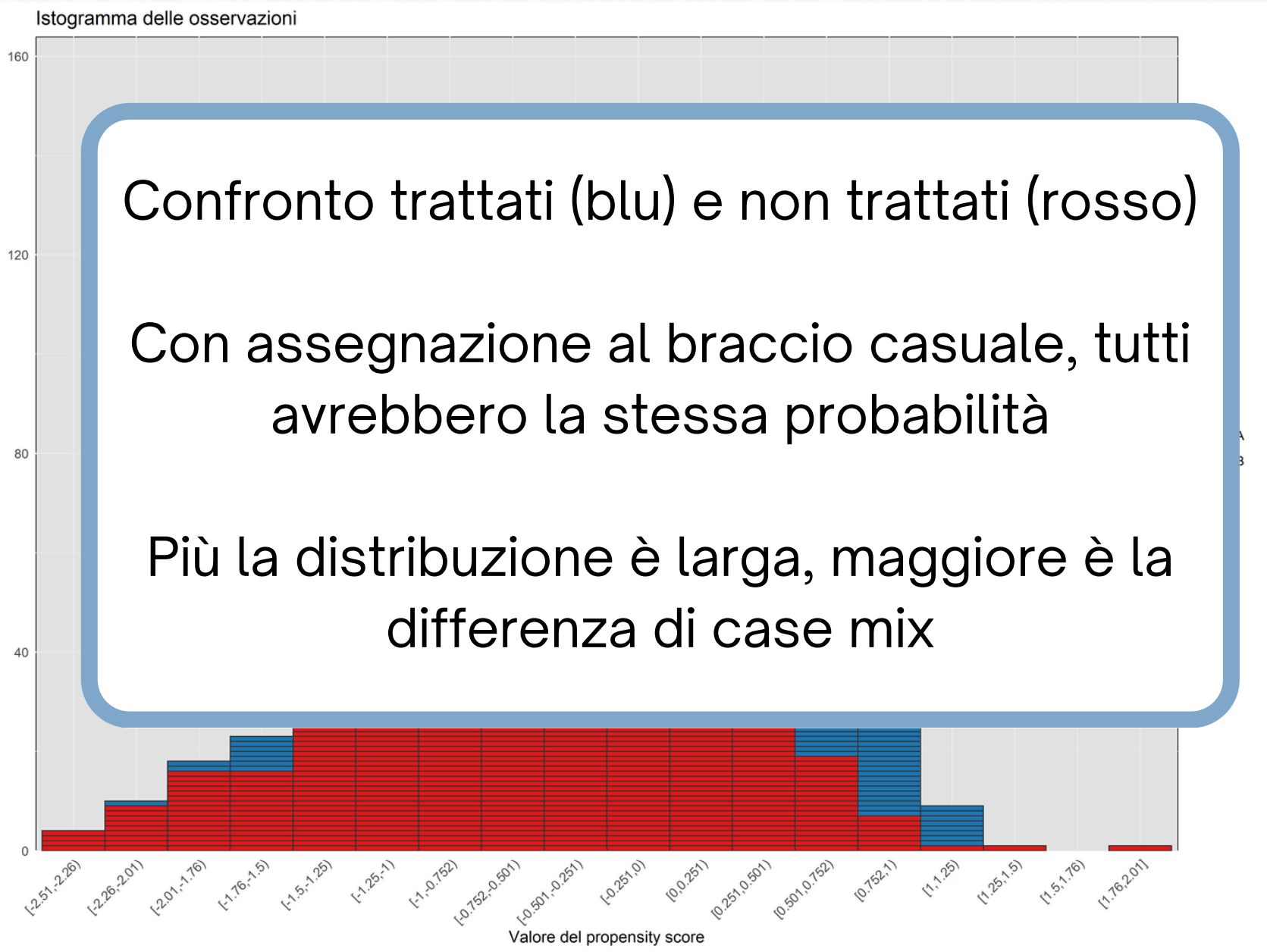
# Il case mix



Calibrazione è necessaria perché il peso sia inverso di una probabilità

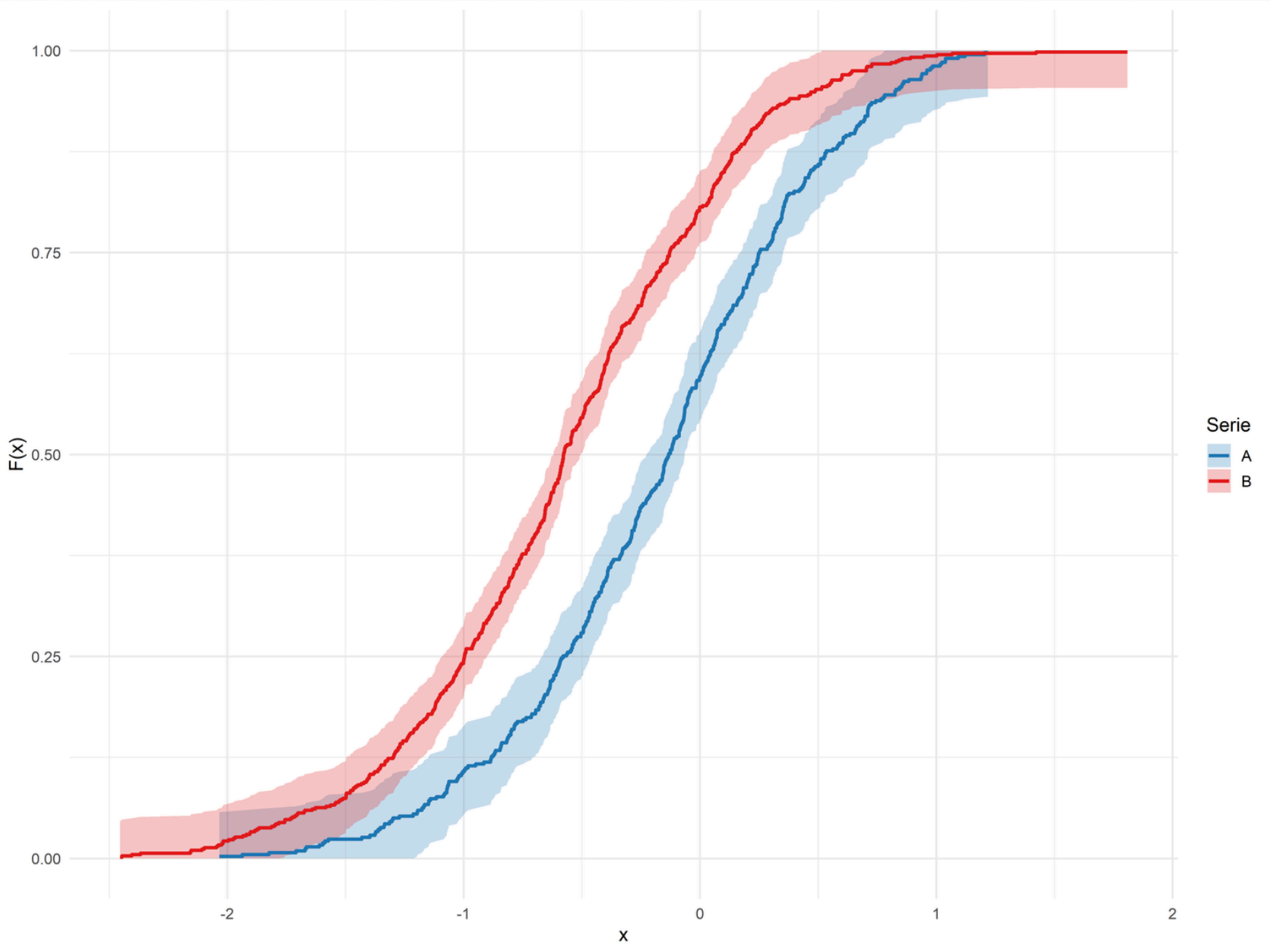


# Il case mix

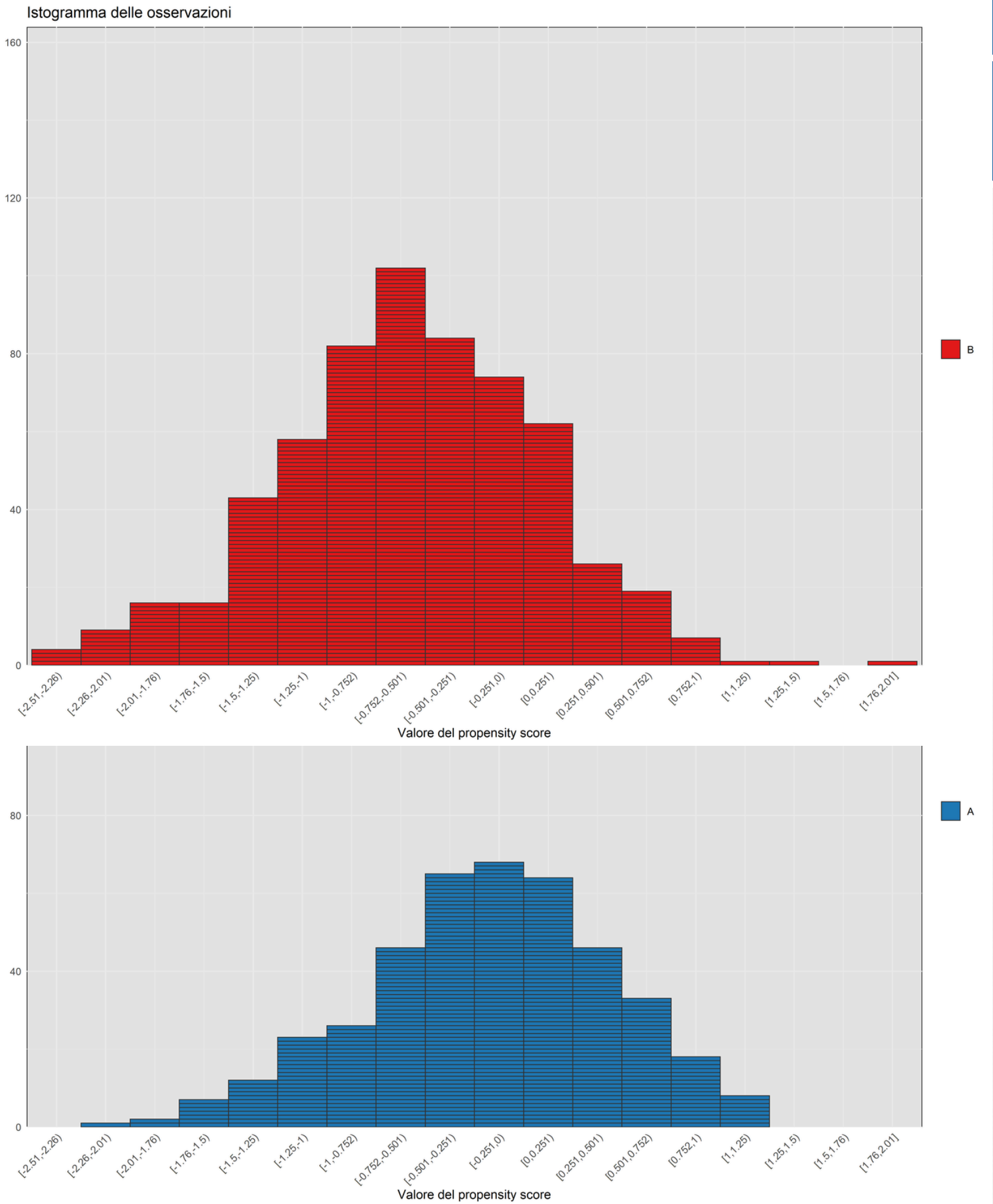




# Il case mix

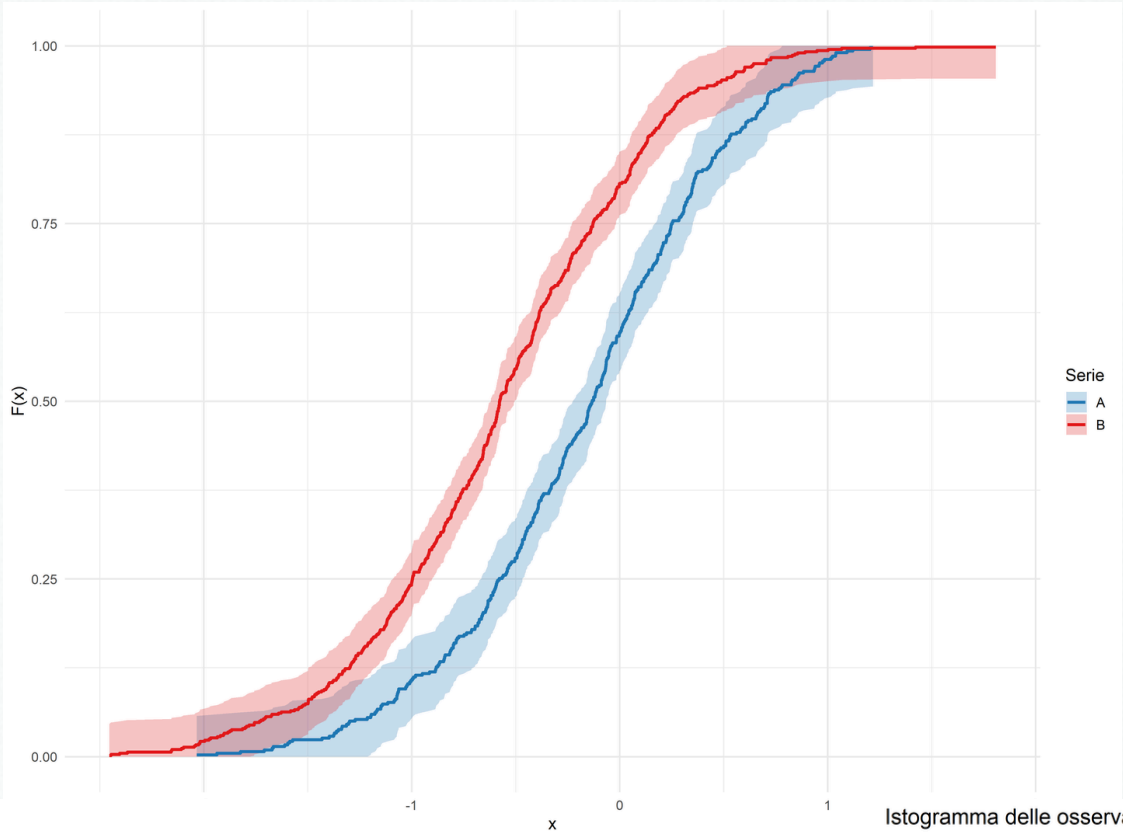


Confrontiamo le due distribuzioni  
confrontando le cumulative

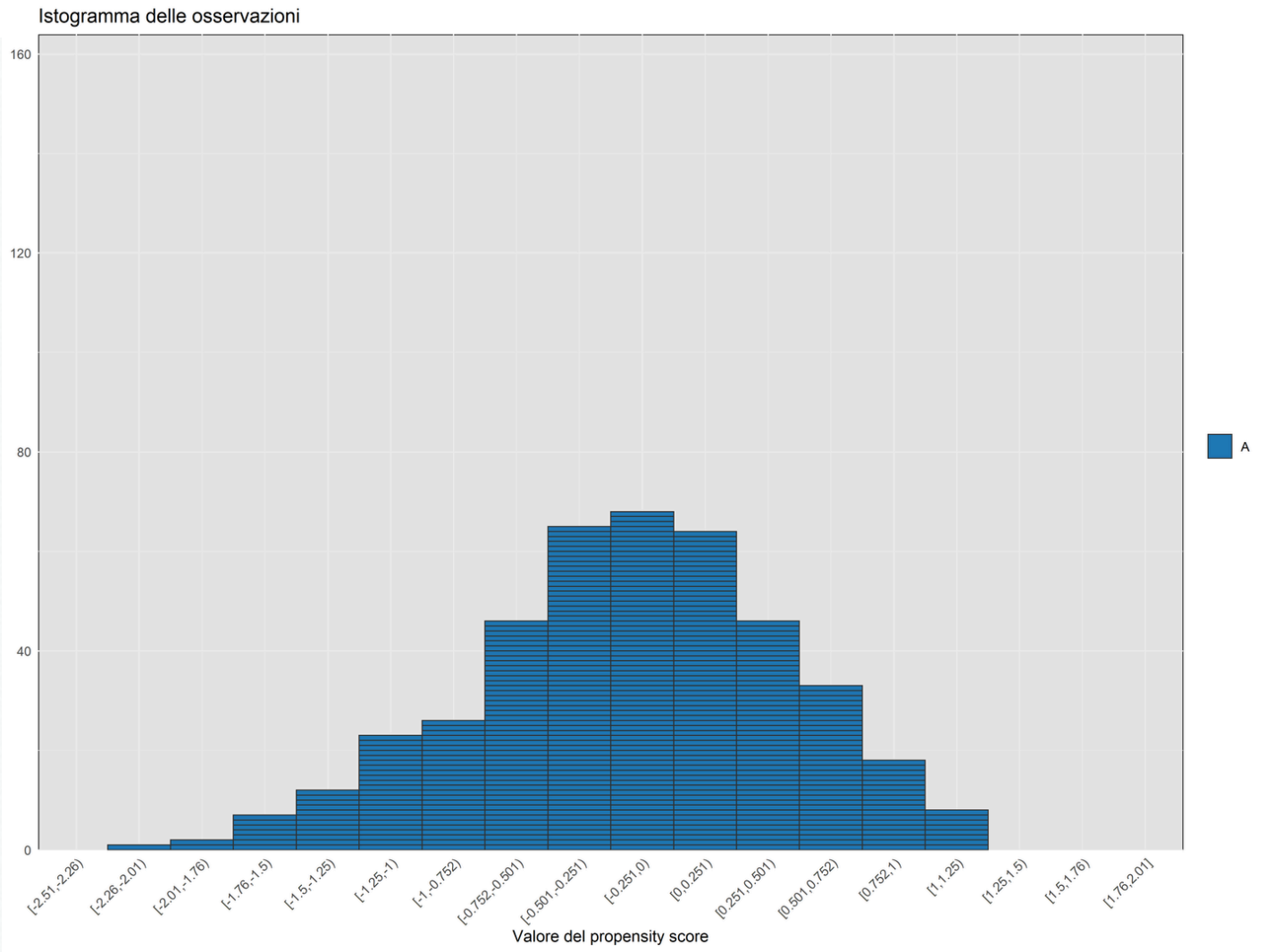
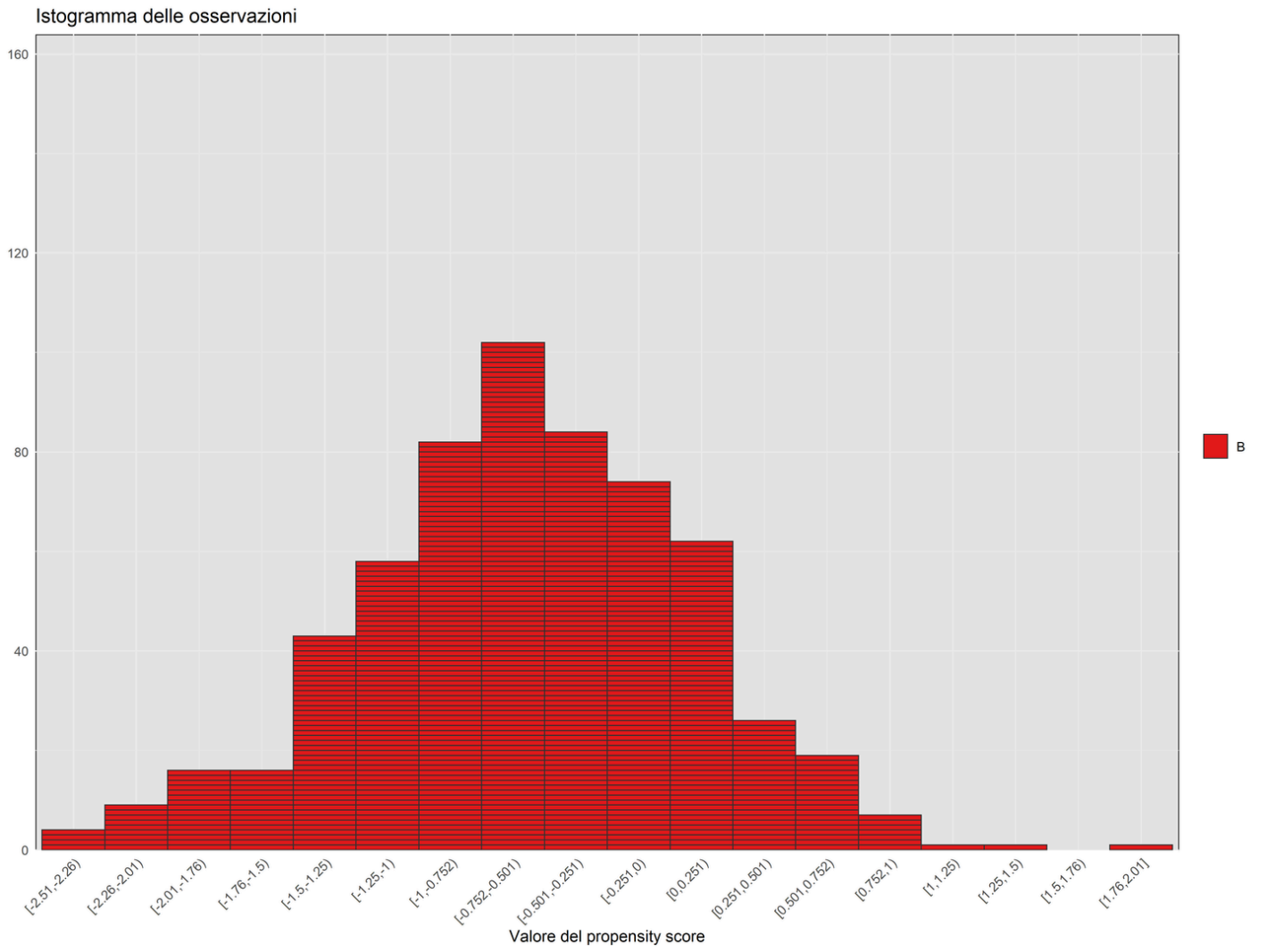




# Il case mix

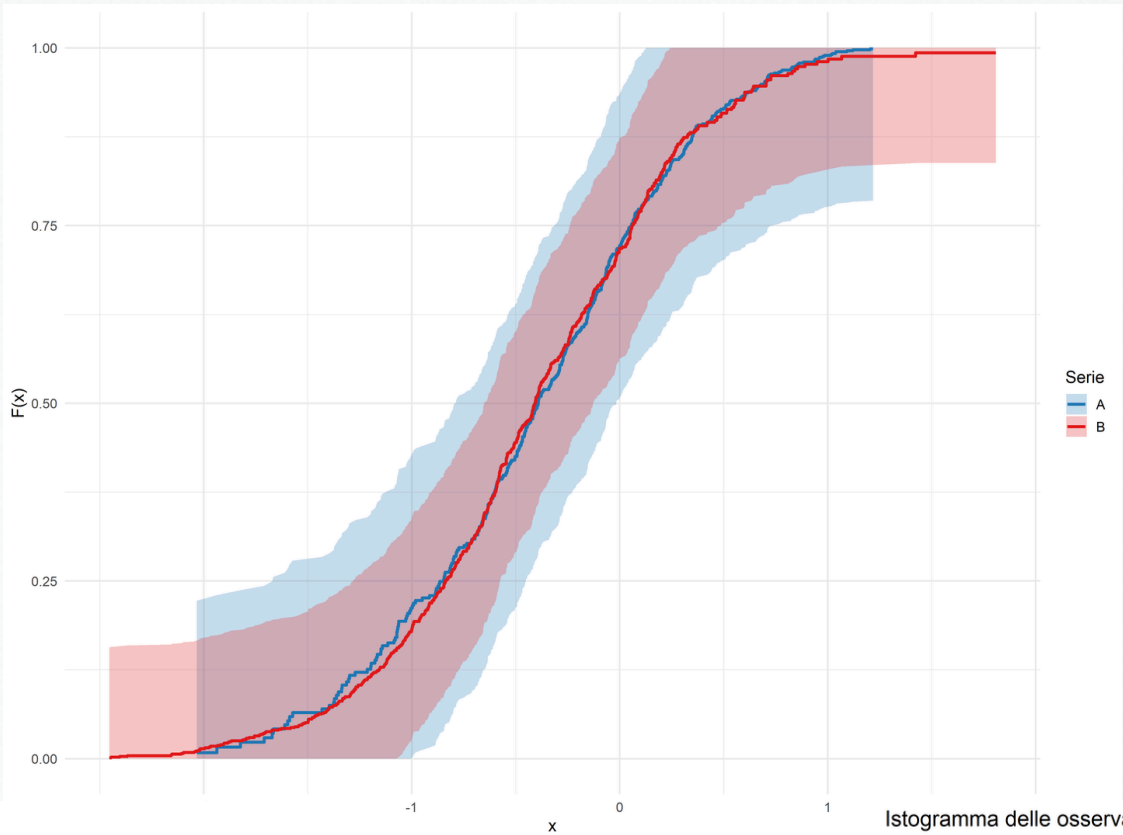


Tutti i pazienti con peso 1

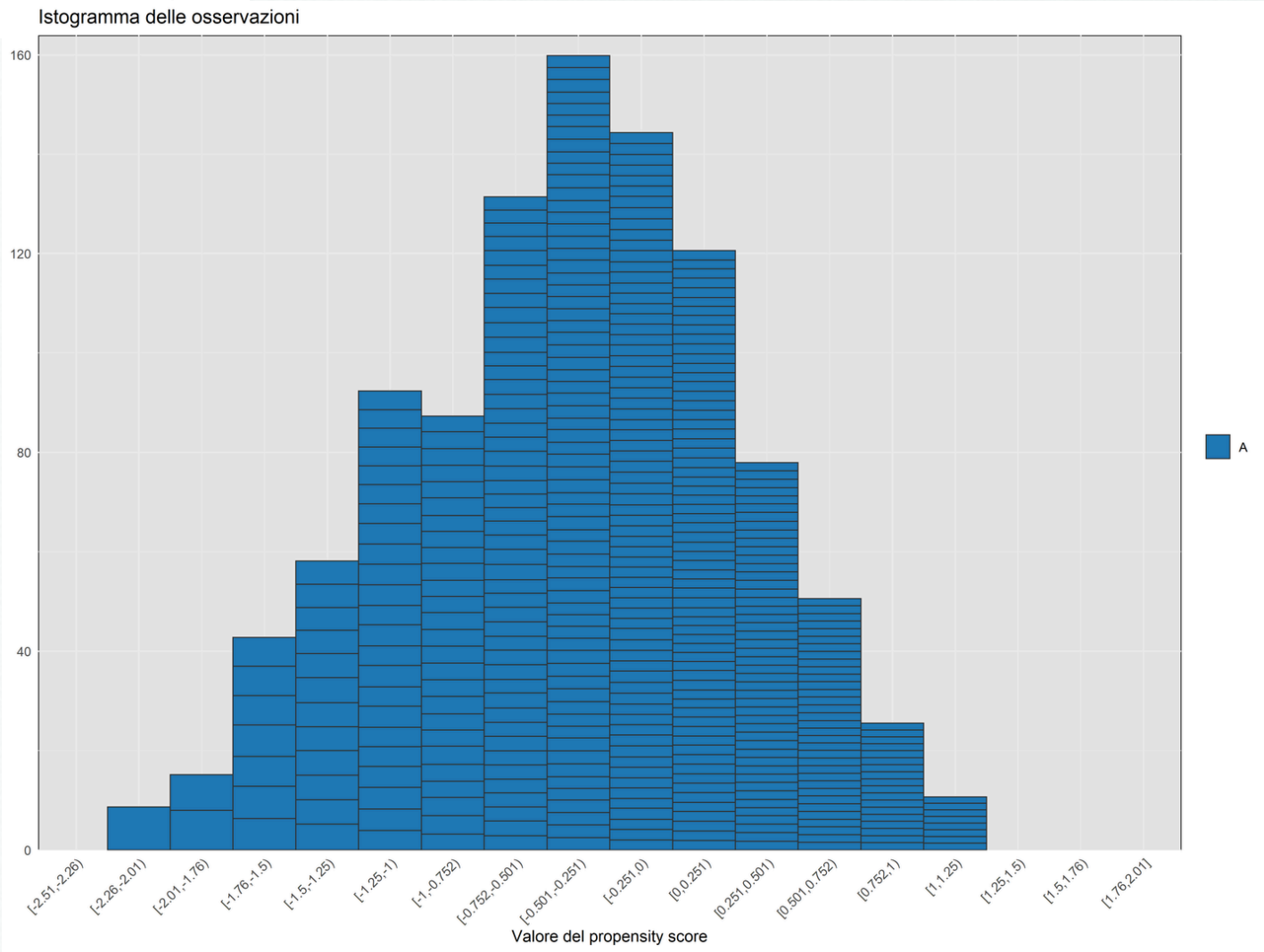
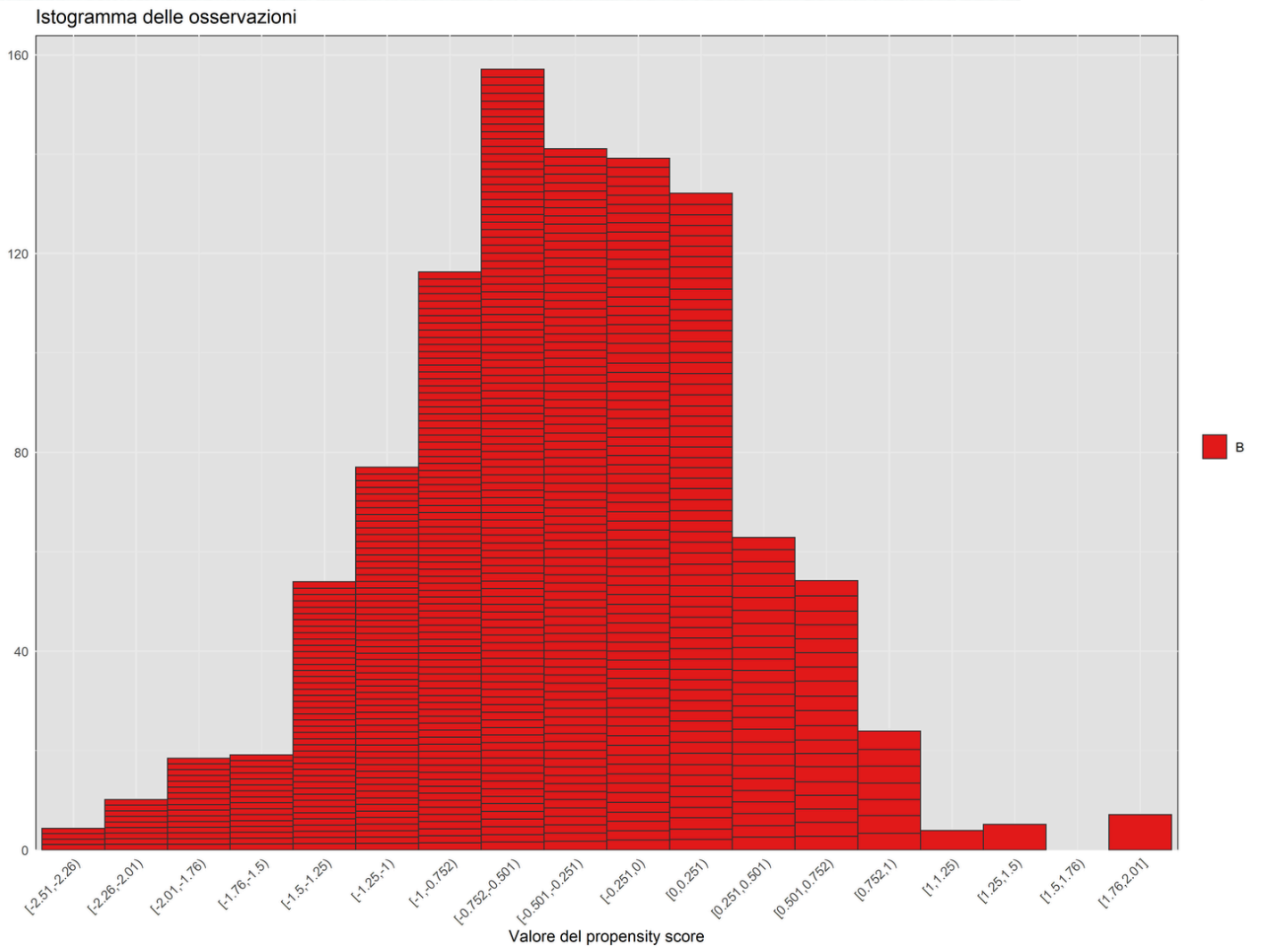




# Il case mix: ATE

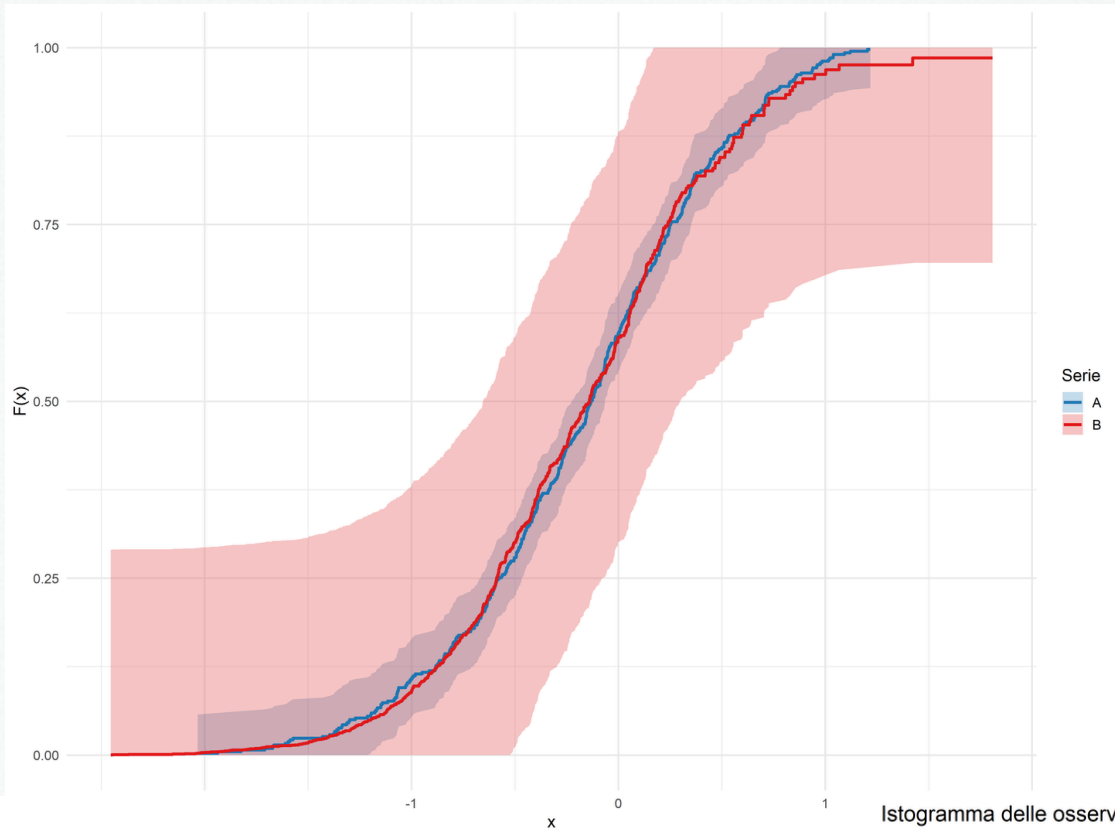


Deformo: tutti i pazienti  
trattati con peso  $1/P(T=1)$ ,  
pazienti non trattati con  
peso  $1/P(T=0)$

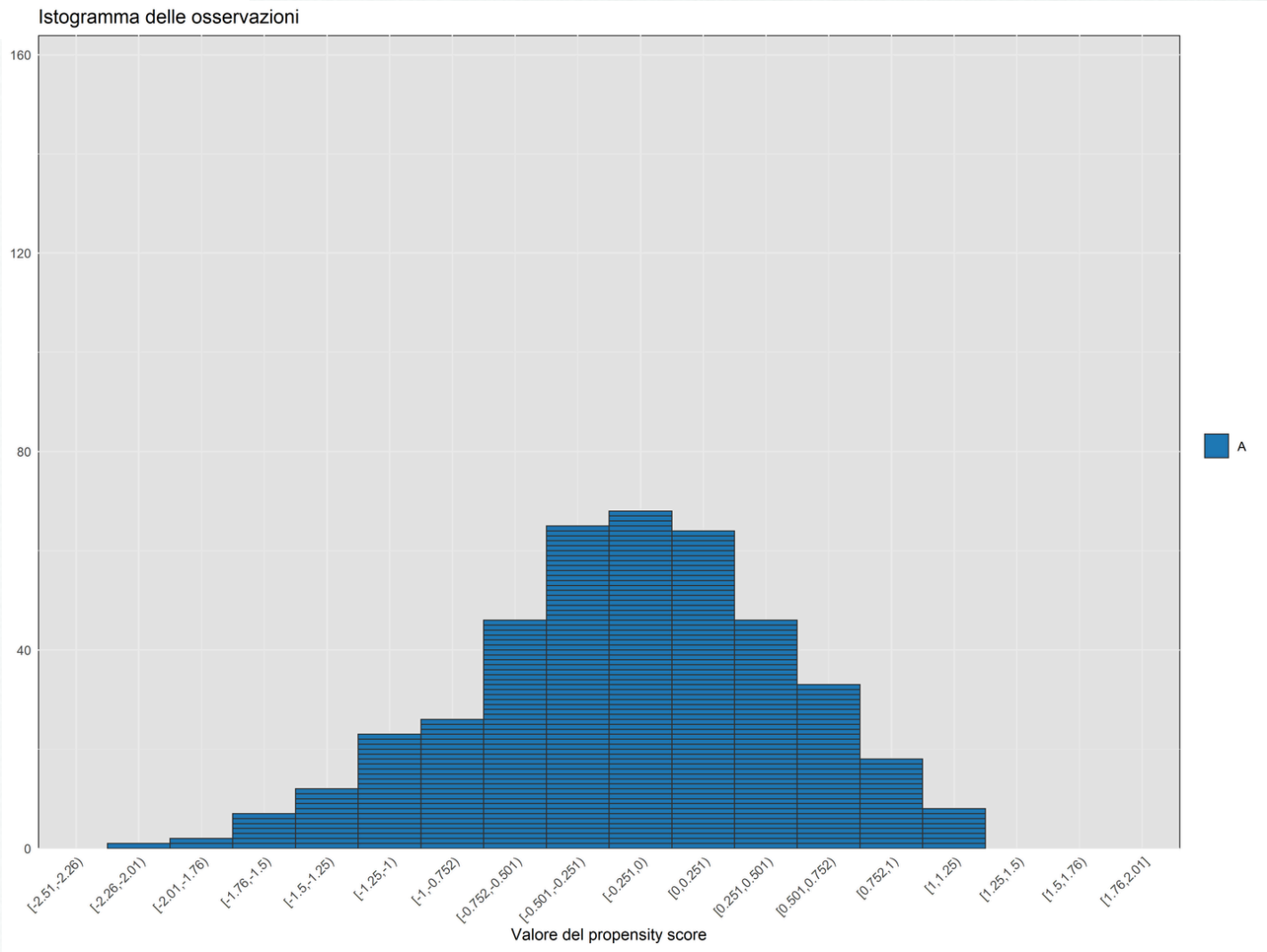
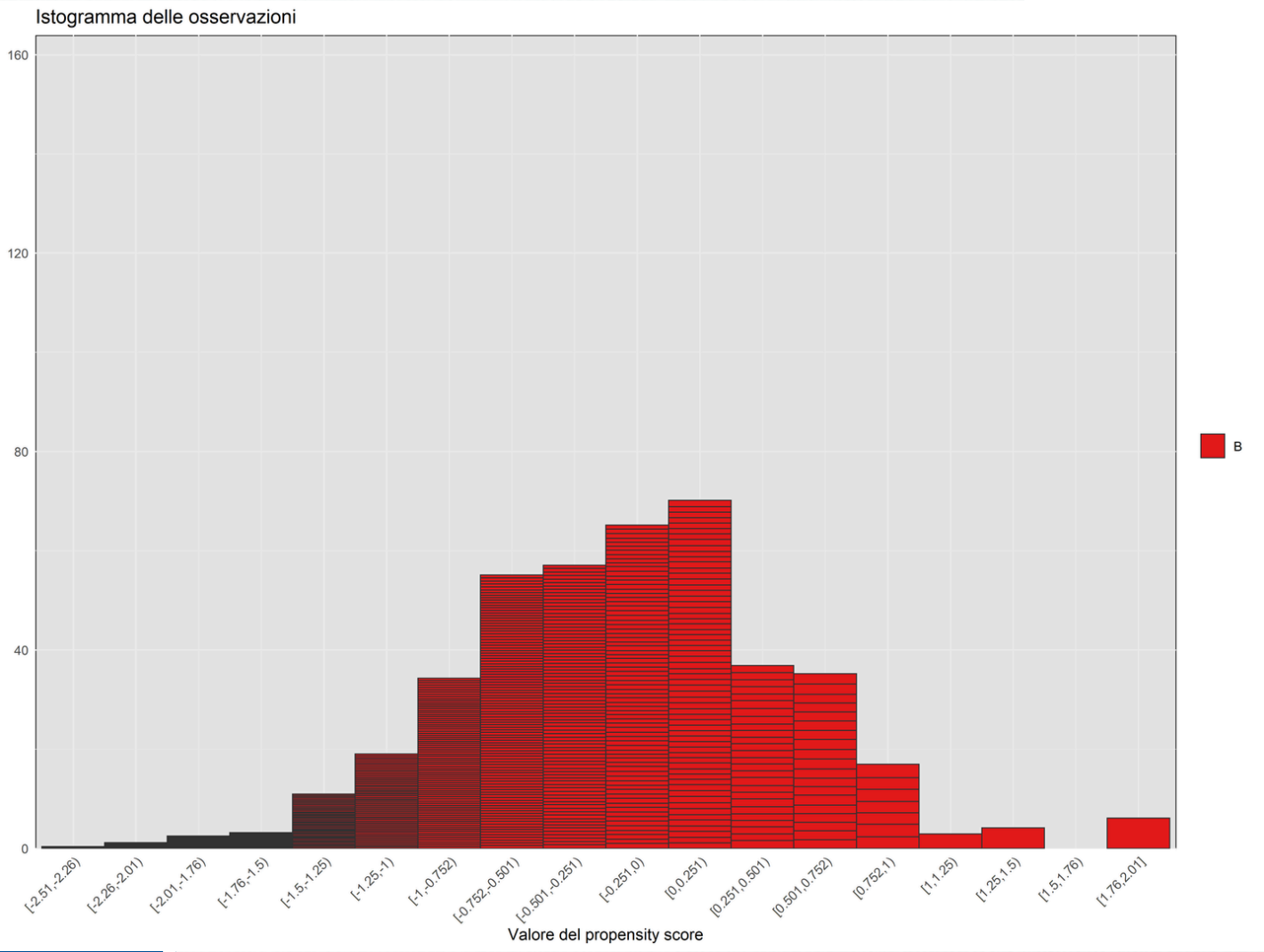




# Il case mix: ATT



Deformo: tutti i pazienti non trattati con peso  $P(T=1)/P(T=0)$ : cosa sarebbe successo ai trattati se non li avessi trattati





# Il bilanciamento

$$o_i \sim p_i$$
$$\sum_i \frac{o_i x_i^I}{p_i} \sim \sum_i x_i^I$$

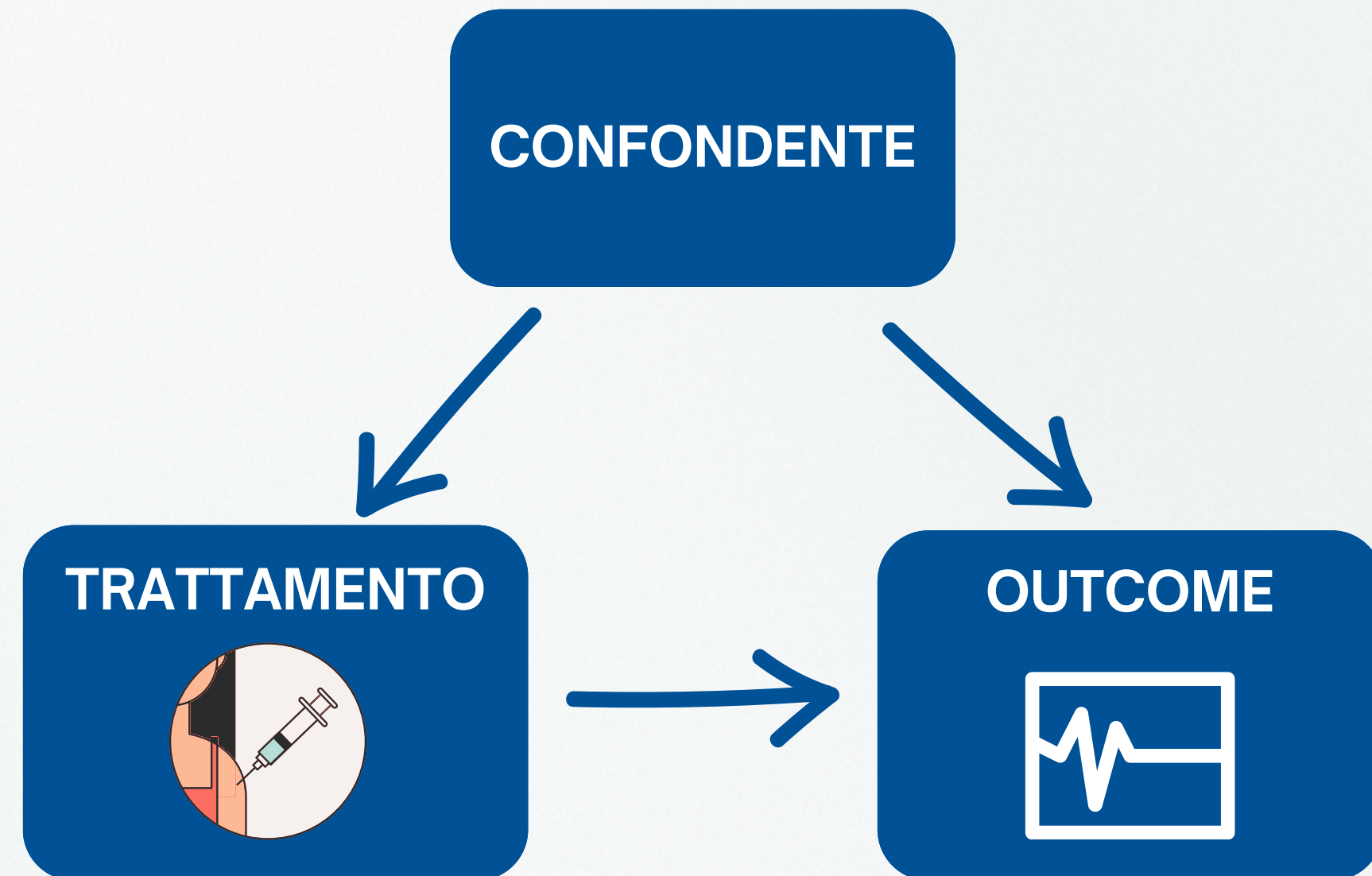
In ATE, la calibrazione comporta che la popolazione pesata sia compatibile con quella complessiva



# Il bilanciamento

$$o_i \sim p_i$$
$$\sum_i \frac{o_i x_i^I}{p_i} \sim \sum_i x_i^I$$

Deve valere per tutti i confondenti  
[predictor dell'outcome non associati al  
trattamento saranno per definizione bilanciati]

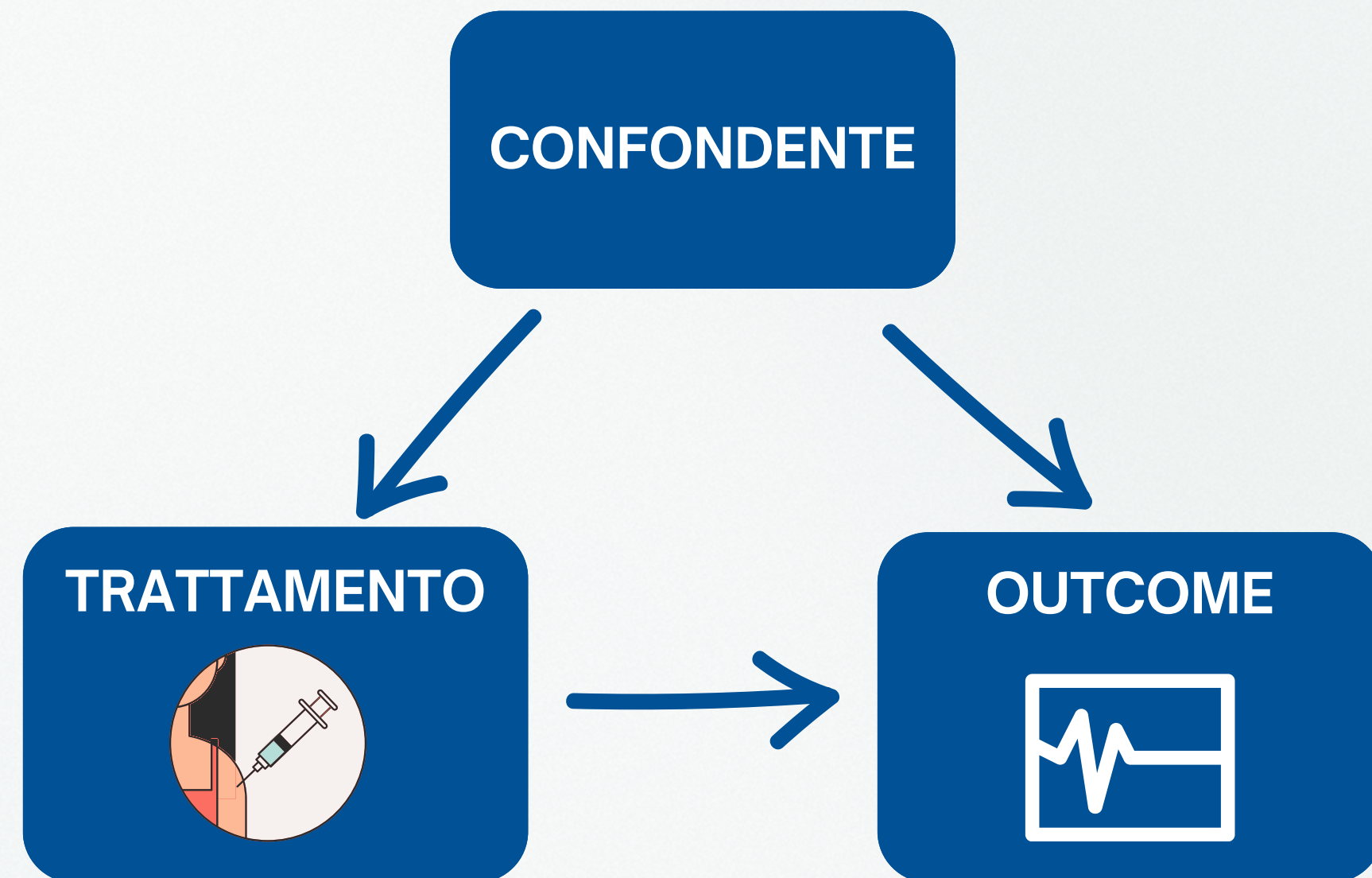




# Il bilanciamento

$$o_i \sim p_i$$
$$\sum_i \frac{o_i x_i^I}{p_i} \sim \sum_i x_i^I$$

Predictor del trattamento non associati all'outcome possono essere esclusi: evito di introdurre rumore

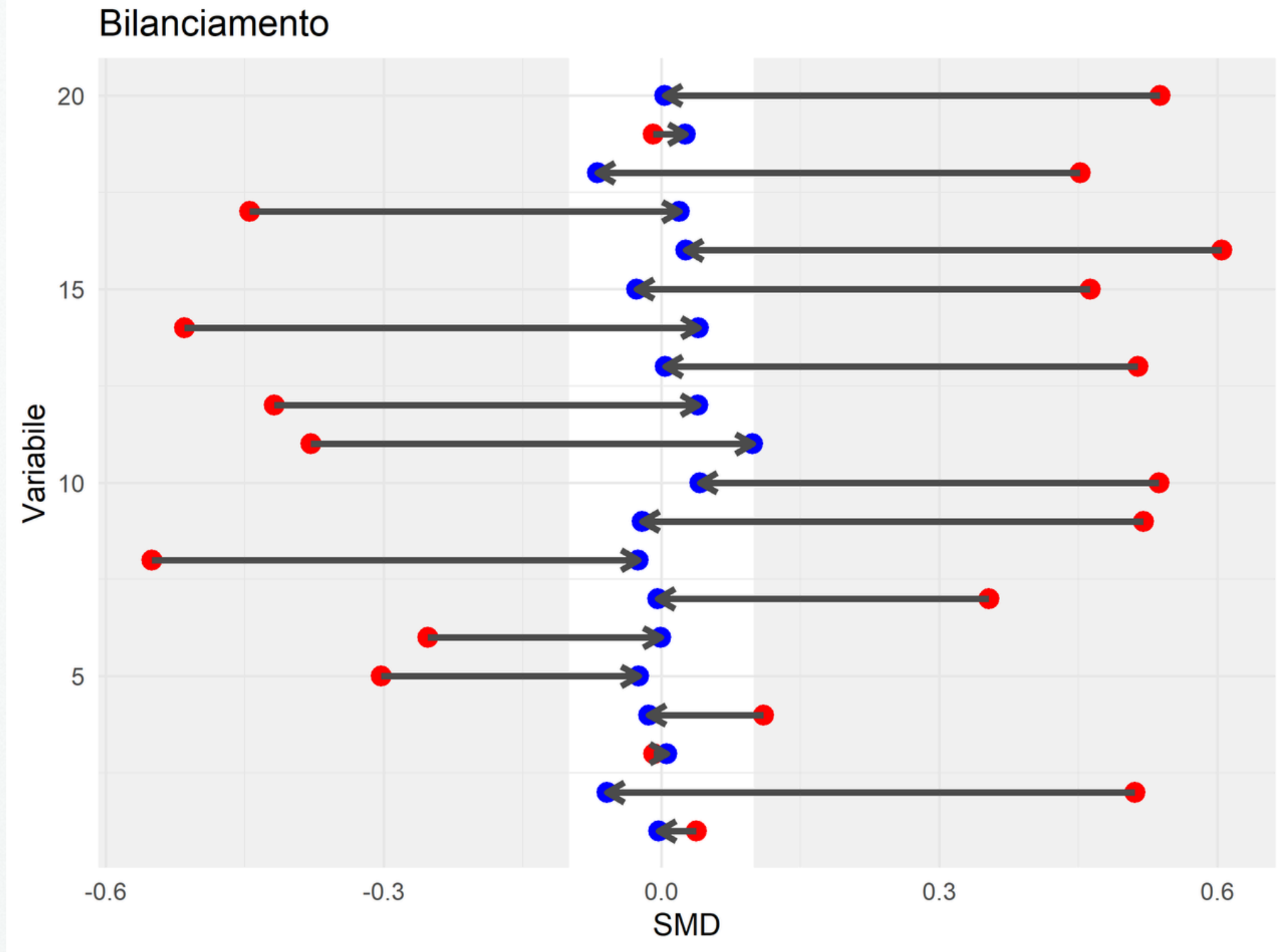




# Il bilanciamento

$$O_i \sim p_i$$
$$\sum_i \frac{O_i x_i^I}{p_i} \sim \sum_i x_i^I$$

Il bilanciamento è misurato con la Standardized Mean Deviation, con soglia comunemente fissata a 0.1





# Outcome

Con la media pesata posso confrontare gli outcome nei due gruppi

$$\sum_{i:T_i=1} wY$$



# Outcome

Con la media pesata posso confrontare gli outcome nei due gruppi

Avendo corretto per i confondenti ottengo l'effetto del trattamento

$$\frac{\sum_{i:T_i=1} wY}{\sum_{i:T_i=0} wY}$$



# Outcome

Con la media pesata posso confrontare gli outcome nei due gruppi

Avendo corretto per i confondenti ottengo l'effetto del trattamento

Posso utilizzare metodi per corroborare il risultato: l'estimatore doppiamente robusto

**2° modello: per l'outcome Y**

$$\mathbb{E} \left[ Y^{(T=1)} | T = 1 \right] = \sum_i p^{(T=1)} + \sum_{i:T_i=1} w (Y - p)$$



# Domande? Dubbi? Perplessità?







GiViTI - Gruppo italiano per la Valutazione  
degli Interventi in Terapia Intensiva

# GRAZIE DELL'ATTENZIONE

[www.giviti.marionegri.it](http://www.giviti.marionegri.it)

**Meeting GiViTI 2025**

8 - 9 - 10 ottobre

Giovanni Tricella & Sara Bettoni