

Lov na dopingirane športnike - preveč ali premalo statistike?

Maja Pohar Perme

IBMI, Medicinska Fakulteta

15. marec 2011

- Teorija: članki Sottas et al. (Biostatistics; Law, probability and risk; ...)

- Teorija: članki Sottas et al. (Biostatistics; Law, probability and risk; ...)
- Implementacija: Tehnični dokument WADA (World anti-doping agency)

- Teorija: članki Sottas et al. (Biostatistics; Law, probability and risk; ...)
- Implementacija: Tehnični dokument WADA (World anti-doping agency)
- Interpretacija in praksa: pričanja in dokumenti povezani s primerom

- Teorija: članki Sottas et al. (Biostatistics; Law, probability and risk; ...)
- Implementacija: Tehnični dokument WADA (World anti-doping agency)
- Interpretacija in praksa: pričanja in dokumenti povezani s primerom
- Povzetki in odzivi: Nature, Drug testing and analysis

Krvni doping

- Športnik pred tekmo dobi transfuzijo krvi

Krvni doping

- Športnik pred tekmo dobi transfuzijo krvi
- več rdečih krvničk ⇒ boljša vzdržljivost, zmogljivost

Krvni doping

- Športnik pred tekmo dobi transfuzijo krvi
- več rdečih krvničk ⇒ boljša vzdržljivost, zmogljivost
- športnikova lastna kri ⇒ v telo ni vnešenih tujih substanc

Krvni doping

- Športnik pred tekmo dobi transfuzijo krvi
- več rdečih krvničk ⇒ boljša vzdržljivost, zmogljivost
- športnikova lastna kri ⇒ v telo ni vnešenih tujih substanc
- v nasprotju z ostalimi metodami dopinga jo je s krvnimi oz. urinskim testi nemogoče dokazati

Krvni doping

- Športnik pred tekmo dobi transfuzijo krvi
- več rdečih krvničk ⇒ boljša vzdržljivost, zmogljivost
- športnikova lastna kri ⇒ v telo ni vnešenih tujih substanc
- v nasprotju z ostalimi metodami dopinga jo je s krvnimi oz. urinskim testi nemogoče dokazati
- prepovedana metoda z najvišjimi zagroženimi kaznimi, nevarnost strdkov in kapi

Ideja testiranja

- Transfuzija oz. izčrpanje krvi se lahko pokažeta v krvni sliki

Ideja testiranja

- Transfuzija oz. izčrpanje krvi se lahko pokažeta v krvni sliki
- Spremljamo vrednosti v krvi, ki so povezane s številom rdečih krvničk: hemoglobin (in retikulociti)

Ideja testiranja

- Transfuzija oz. izčrpanje krvi se lahko pokažeta v krvni sliki
- Spremljamo vrednosti v krvi, ki so povezane s številom rdečih krvničk: hemoglobin (in retikulociti)
- Pri hemoglobinu (Hgb) je variabilnost med ljudmi večja kot znotraj posameznika

Ideja testiranja

- Transfuzija oz. izčrpanje krvi se lahko pokažeta v krvni sliki
- Spremljamo vrednosti v krvi, ki so povezane s številom rdečih krvničk: hemoglobin (in retikulociti)
- Pri hemoglobinu (Hgb) je variabilnost med ljudmi večja kot znotraj posameznika
- Športnika spremljajo dalj časa in skušajo oceniti njegovo povprečje Hgb

Ideja testiranja

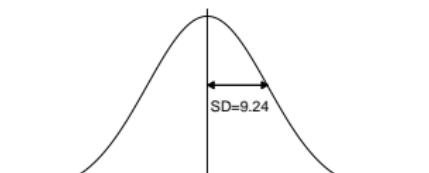
- Transfuzija oz. izčrpanje krvi se lahko pokažeta v krvni sliki
- Spremljamo vrednosti v krvi, ki so povezane s številom rdečih krvničk: hemoglobin (in retikulociti)
- Pri hemoglobinu (Hgb) je variabilnost med ljudmi večja kot znotraj posameznika
- Športnika spremljajo dalj časa in skušajo oceniti njegovo povprečje Hgb
- Za vsakega športnika izračunamo “osebne” meje, v katerih se bodo gibale njegove vrednosti z veliko verjetnostjo.

Ideja testiranja

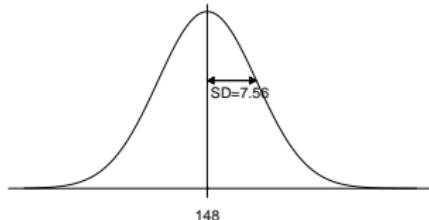
- Transfuzija oz. izčrpanje krvi se lahko pokažeta v krvni sliki
- Spremljamo vrednosti v krvi, ki so povezane s številom rdečih krvničk: hemoglobin (in retikulociti)
- Pri hemoglobinu (Hgb) je variabilnost med ljudmi večja kot znotraj posameznika
- Športnika spremljajo dalj časa in skušajo oceniti njegovo povprečje Hgb
- Za vsakega športnika izračunamo “osebne” meje, v katerih se bodo gibale njegove vrednosti z veliko verjetnostjo.
- Meritve tvorijo Športnikov biološki potni list (ABP - Athlete's Biological Passport)

Hemoglobin pri vzdržljivostnih športnikih

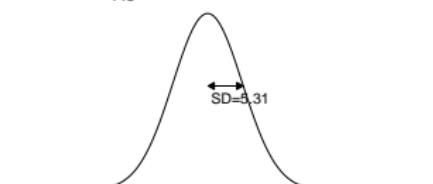
- Povprečje 148 g/l



- standardni odklon med posamezniki 7.56 g/l



- standardni odklon znotraj posameznika 5.31 g/l



Ideja: Oceniti posameznikovo povprečje Hgb -> ožje meje

Malo notacije

- Populacijsko povprečje $\mu = 148$

Malo notacije

- Populacijsko povprečje $\mu = 148$
- Varianca med posamezniki: $\tau^2 = 7.56^2 = 57.15$

Malo notacije

- Populacijsko povprečje $\mu = 148$
- Varianca med posamezniki: $\tau^2 = 7.56^2 = 57.15$
- Varianca znotraj posameznika $\sigma^2 = 5.31^2 = 28.22$

Malo notacije

- Populacijsko povprečje $\mu = 148$
- Varianca med posamezniki: $\tau^2 = 7.56^2 = 57.15$
- Varianca znotraj posameznika $\sigma^2 = 5.31^2 = 28.22$
- Posameznikovo povprečje $\theta = ?$

Malo notacije

- Populacijsko povprečje $\mu = 148$
- Varianca med posamezniki: $\tau^2 = 7.56^2 = 57.15$
- Varianca znotraj posameznika $\sigma^2 = 5.31^2 = 28.22$
- Posameznikovo povprečje $\theta = ?$
- Posamezno meritev označimo z X

Malo notacije

- Populacijsko povprečje $\mu = 148$
- Varianca med posamezniki: $\tau^2 = 7.56^2 = 57.15$
- Varianca znotraj posameznika $\sigma^2 = 5.31^2 = 28.22$
- Posameznikovo povprečje $\theta = ?$
- Posamezno meritev označimo z X

Malo notacije

- Populacijsko povprečje $\mu = 148$
- Varianca med posamezniki: $\tau^2 = 7.56^2 = 57.15$
- Varianca znotraj posameznika $\sigma^2 = 5.31^2 = 28.22$
- Posameznikovo povprečje $\theta = ?$
- Posamezno meritev označimo z X

Torej

- $\theta \sim \mathcal{N}(\mu, \tau^2)$

Malo notacije

- Populacijsko povprečje $\mu = 148$
- Varianca med posamezniki: $\tau^2 = 7.56^2 = 57.15$
- Varianca znotraj posameznika $\sigma^2 = 5.31^2 = 28.22$
- Posameznikovo povprečje $\theta = ?$
- Posamezno meritev označimo z X

Torej

- $\theta \sim \mathcal{N}(\mu, \tau^2)$
- $X \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma^2 + \tau^2)$

Malo notacije

- Populacijsko povprečje $\mu = 148$
- Varianca med posamezniki: $\tau^2 = 7.56^2 = 57.15$
- Varianca znotraj posameznika $\sigma^2 = 5.31^2 = 28.22$
- Posameznikovo povprečje $\theta = ?$
- Posamezno meritev označimo z X

Torej

- $\theta \sim \mathcal{N}(\mu, \tau^2)$
- $X \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma^2 + \tau^2)$
- $X|\theta \sim \mathcal{N}(\theta, \sigma^2)$

Ideja

Če bi poznali posameznikovo povprečje, bi lahko uporabljali bistveno manjšo varianco

- $\theta \sim \mathcal{N}(\mu, \tau^2)$
- $X \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma^2 + \tau^2)$
- $X|\theta \sim \mathcal{N}(\theta, \sigma^2)$

Notacija

- θ posameznikovo povprečje
- μ populacijsko povprečje
- τ^2 varianca med posamezniki
- σ^2 posameznikova varianca
- X_i meritev i
- f gostota

Ideja

Če bi poznali posameznikovo povprečje, bi lahko uporabljali bistveno manjšo varianco

- $\theta \sim \mathcal{N}(\mu, \tau^2)$
- $X \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma^2 + \tau^2)$
- $X|\theta \sim \mathcal{N}(\theta, \sigma^2)$

Imamo nekaj meritev X_1, \dots, X_n - ali vemo kaj več o posameznikovem povprečju?

$$\prod_{i=1}^n f(x_i|\theta)$$

Notacija

θ posameznikovo povprečje

μ populacijsko povprečje

τ^2 varianca med posamezniki

σ^2 posameznikova varianca

X_i meritev i
 f gostota

Ideja

Če bi poznali posameznikovo povprečje, bi lahko uporabljali bistveno manjšo varianco

- $\theta \sim \mathcal{N}(\mu, \tau^2)$
- $X \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma^2 + \tau^2)$
- $X|\theta \sim \mathcal{N}(\theta, \sigma^2)$

Imamo nekaj meritev X_1, \dots, X_n - ali vemo kaj več o posameznikovem povprečju?

Frekventist: $\prod_{i=1}^n f(x_i|\theta)$

Bayesovec: $f(\theta|X = x) \propto \prod_{i=1}^n f(x_i|\theta)f(\theta)$

Notacija

θ posameznikovo povprečje

μ populacijsko povprečje

τ^2 varianca med posamezniki

σ^2 posameznikova varianca

X_i meritev i
 f gostota

Ideja

Imamo 1 meritev: X_1 . Lahko karkoli več rečemo o θ ?

- $\theta \sim \mathcal{N}(\mu, \tau^2)$
- $X|\theta \sim \mathcal{N}(\theta, \sigma^2)$

$$f(\theta|X_1 = x_1) \propto f(x_1|\theta)f(\theta)$$

Bayesovsko posodabljanje

$$(\theta|X_1 = x_1) \sim \mathcal{N}(\mu_1, \tau_1^2)$$

$$\mu_1 = w\mu + (1-w)x_1, \quad w = \frac{\sigma^2}{\tau^2 + \sigma^2}$$

$$\tau_1^2 = \tau^2 \frac{\sigma^2}{\tau^2 + \sigma^2}$$

Notacija

θ posameznikovo povprečje

μ populacijsko povprečje

τ^2 varianca med posamezniki

σ^2 posameznikova varianca

X_i meritev i
 f gostota

Bayesovsko posodabljanje - nadaljevanje

Po eni meritvi

$$(\theta | X_1 = x_1) \sim \mathcal{N}(\mu_1, \tau_1^2)$$

$$\mu_1 = w\mu + (1-w)x_1, \quad w = \frac{\sigma^2}{\tau^2 + \sigma^2}$$

$$\tau_1^2 = \tau^2 \frac{\sigma^2}{\tau^2 + \sigma^2}$$

Torej

- pogojna porazdelitev θ je normalna

Notacija

θ posameznikovo povprečje

μ populacijsko povprečje

τ^2 varianca med posamezniki

σ^2 posameznikova varianca

X_i meritev i

f gostota

Bayesovsko posodabljanje - nadaljevanje

Po eni meritvi

$$(\theta | X_1 = x_1) \sim \mathcal{N}(\mu_1, \tau_1^2)$$

$$\mu_1 = w\mu + (1-w)x_1, \quad w = \frac{\sigma^2}{\tau^2 + \sigma^2}$$

$$\tau_1^2 = \tau^2 \frac{\sigma^2}{\tau^2 + \sigma^2}$$

Torej

- pogojna porazdelitev θ je normalna
- novo povprečje je uteženo povprečje dosedanjega znanja in meritve

Notacija

θ posameznikovo povprečje

μ populacijsko povprečje

τ^2 varianca med posamezniki

σ^2 posameznikova varianca

X_i meritev i

f gostota

Bayesovsko posodabljanje - nadaljevanje

Po eni meritvi

$$(\theta | X_1 = x_1) \sim \mathcal{N}(\mu_1, \tau_1^2)$$

$$\mu_1 = w\mu + (1-w)x_1, \quad w = \frac{\sigma^2}{\tau^2 + \sigma^2}$$

$$\tau_1^2 = \tau^2 \frac{\sigma^2}{\tau^2 + \sigma^2}$$

Torej

- pogojna porazdelitev θ je normalna
- novo povprečje je uteženo povprečje dosedanjega znanja in meritov
- večja kot je varianca znotraj posameznika, manj bomo spremenili dosedanje "mnenje" o θ

Notacija

θ posameznikovo povprečje

μ populacijsko povprečje

τ^2 varianca med posamezniki

σ^2 posameznikova varianca

X_i meritev i

f gostota

Bayesovsko posodabljanje - nadaljevanje

Po eni meritvi

$$(\theta | X_1 = x_1) \sim \mathcal{N}(\mu_1, \tau_1^2)$$

$$\mu_1 = w\mu + (1-w)x_1, \quad w = \frac{\sigma^2}{\tau^2 + \sigma^2}$$

$$\tau_1^2 = \tau^2 \frac{\sigma^2}{\tau^2 + \sigma^2}$$

Torej

- pogojna porazdelitev θ je normalna
- novo povprečje je uteženo povprečje dosedanjega znanja in meritiv
- večja kot je varianca znotraj posameznika, manj bomo spremenili dosedanje "mnenje" o θ
- z vsakim naslednjim korakom je τ_i manjši in sicer neodvisno od X

Notacija

θ posameznikovo povprečje

μ populacijsko povprečje

τ^2 varianca med posamezniki

σ^2 posameznikova varianca

X_i meritiv i

f gostota

Bayesovsko posodabljanje - nadaljevanje

Nadaljujemo

- posteriorno porazdelitev iz prejšnjega koraka uporabimo kot apriorno porazdelitev na naslednjem koraku

Notacija

θ	posameznikovo povprečje
μ	populacijsko povprečje
τ^2	varianca med posamezniki
σ^2	posameznikova varianca
X_i	meritev i
f	gostota

Bayesovsko posodabljanje - nadaljevanje

Nadaljujemo

- posteriorno porazdelitev iz prejšnjega koraka uporabimo kot apriorno porazdelitev na naslednjem koraku
- $f(\theta|X_2 = x_2, X_1 = x_1) \propto \prod_{i=1}^2 f(x_i|\theta)f(\theta) \propto f(x_2|\theta)f(x_1|\theta)f(\theta)$

Notacija

- θ posameznikovo povprečje
- μ populacijsko povprečje
- τ^2 varianca med posamezniki
- σ^2 posameznikova varianca
- X_i meritev i
- f gostota

Bayesovsko posodabljanje - nadaljevanje

Nadaljujemo

- **posteriorno porazdelitev iz prejšnjega koraka uporabimo kot apriorno porazdelitev na naslednjem koraku**
- $f(\theta|X_2 = x_2, X_1 = x_1) \propto \prod_{i=1}^2 f(x_i|\theta)f(\theta) \propto f(x_2|\theta)f(x_1|\theta)f(\theta)$

Torej

$$\theta \sim \mathcal{N}(\mu, \tau^2), X|\theta \sim \mathcal{N}(\theta, \sigma^2)$$



$$(\theta|X_1 = x_1) \sim \mathcal{N}(\mu_1, \tau_1^2), \mu_1 = w\mu + (1-w)x_1, \tau_1^2 = \tau^2 \frac{\sigma^2}{\tau^2 + \sigma^2}$$



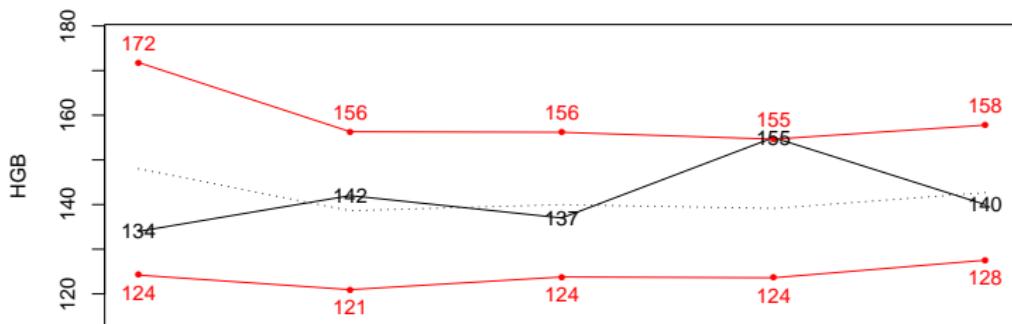
$$(\theta|X = x) \sim \mathcal{N}(\mu_2, \tau_2^2), \mu_2 = w\mu_1 + (1-w)x_2, \tau_2^2 = \tau_1^2 \frac{\sigma^2}{\tau_1^2 + \sigma^2}$$

Notacija

- θ posameznikovo povprečje
- μ populacijsko povprečje
- τ^2 varianca med posamezniki
- σ^2 posameznikova varianca
- X_i meritev i
- f gostota

Primerček

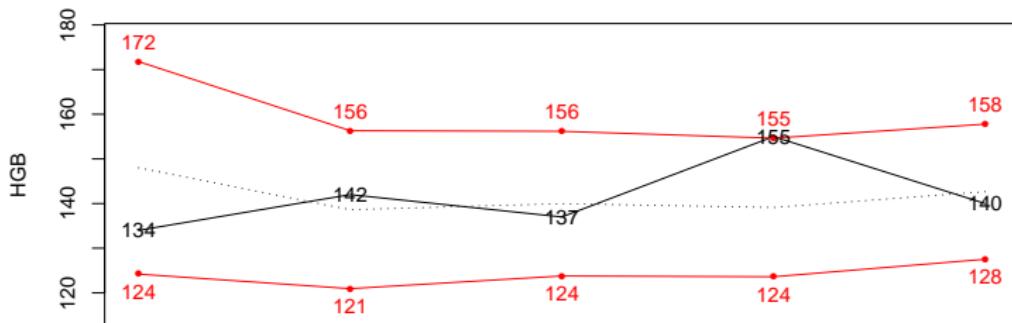
Športnik je testiran 5x, spremljamo njegove vrednosti hemoglobina.



- Meritev 1: $X_1 \sim \mathcal{N}(148, 57.15 + 28.22)$
Meje za 0.99 specifičnost: $148 \pm 2.57 \cdot 9.2$; $X_1 = 134$

Primerček

Športnik je testiran 5x, spremljamo njegove vrednosti hemoglobina.



- Meritev 1: $X_1 \sim \mathcal{N}(148, 57.15 + 28.22)$
Meje za 0.99 specifičnost: $148 \pm 2.57 \cdot 9.2$; $X_1 = 134$
- Meritev 2: $X_2 \sim \mathcal{N}(138.6, 18.89 + 28.22)$
Meje za 0.99 specifičnost: $138.6 \pm 2.57 \cdot 6.9$; $X_1 = 142$

Preverjanje rezultatov s simulacijami

- Za vsakega posameznika generiram njegovo povprečje $\theta \sim \mathcal{N}(148, 57.15)$

Preverjanje rezultatov s simulacijami

- Za vsakega posameznika generiram njegovo povprečje $\theta \sim \mathcal{N}(148, 57.15)$
- Nato generiram 20 meritev iz $\mathcal{N}(\theta, 28.22)$

Preverjanje rezultatov s simulacijami

- Za vsakega posameznika generiram njegovo povprečje $\theta \sim \mathcal{N}(148, 57.15)$
- Nato generiram 20 meritev iz $\mathcal{N}(\theta, 28.22)$
- Določim meje za specifičnost 0.99

Preverjanje rezultatov s simulacijami

- Za vsakega posameznika generiram njegovo povprečje $\theta \sim \mathcal{N}(148, 57.15)$
- Nato generiram 20 meritev iz $\mathcal{N}(\theta, 28.22)$
- Določim meje za specifičnost 0.99
- In tako za npr. 1000 posameznikov

Preverjanje rezultatov s simulacijami

- Za vsakega posameznika generiram njegovo povprečje $\theta \sim \mathcal{N}(148, 57.15)$
- Nato generiram 20 meritev iz $\mathcal{N}(\theta, 28.22)$
- Določim meje za specifičnost 0.99
- In tako za npr. 1000 posameznikov
- Zanima me verjetnost, da je posamezna meritev izven meja

Preverjanje rezultatov s simulacijami

- Za vsakega posameznika generiram njegovo povprečje $\theta \sim \mathcal{N}(148, 57.15)$
- Nato generiram 20 meritev iz $\mathcal{N}(\theta, 28.22)$
- Določim meje za specifičnost 0.99
- In tako za npr. 1000 posameznikov
- Zanima me verjetnost, da je posamezna meritev izven meja
- In verjetnost, da je športnik pozitiven (vsaj enkrat izven meja)

Preverjanje rezultatov s simulacijami

- Za vsakega posameznika generiram njegovo povprečje $\theta \sim \mathcal{N}(148, 57.15)$
- Nato generiram 20 meritev iz $\mathcal{N}(\theta, 28.22)$
- Določim meje za specifičnost 0.99
- In tako za npr. 1000 posameznikov
- Zanima me verjetnost, da je posamezna meritev izven meja
- In verjetnost, da je športnik pozitiven (vsaj enkrat izven meja)

Preverjanje rezultatov s simulacijami

- Za vsakega posameznika generiram njegovo povprečje $\theta \sim \mathcal{N}(148, 57.15)$
- Nato generiram 20 meritev iz $\mathcal{N}(\theta, 28.22)$
- Določim meje za specifičnost 0.99
- In tako za npr. 1000 posameznikov
- Zanima me verjetnost, da je posamezna meritev izven meja
- In verjetnost, da je športnik pozitiven (vsaj enkrat izven meja)

Rezultati:

- Pri vsaki meritvi ima nedolžen športnik verjetnost 0,01, da je njegova vrednost izven meja.

Preverjanje rezultatov s simulacijami

- Za vsakega posameznika generiram njegovo povprečje $\theta \sim \mathcal{N}(148, 57.15)$
- Nato generiram 20 meritev iz $\mathcal{N}(\theta, 28.22)$
- Določim meje za specifičnost 0.99
- In tako za npr. 1000 posameznikov
- Zanima me verjetnost, da je posamezna meritev izven meja
- In verjetnost, da je športnik pozitiven (vsaj enkrat izven meja)

Rezultati:

- Pri vsaki meritvi ima nedolžen športnik verjetnost 0,01, da je njegova vrednost izven meja.
- Če pri športniku opravijo 20 meritev, se njegova verjetnost poveča na 0,17.

Testiranje zaporedja

- **Poznamo porazdelitev vsake meritve:** $X_i \sim \mathcal{N}(\mu_{i-1}, \tau_{i-1}^2)$

Testiranje zaporedja

- **Poznamo porazdelitev vsake meritve:** $X_i \sim \mathcal{N}(\mu_{i-1}, \tau_{i-1}^2)$
- **Torej** $\frac{X_i - \mu_{i-1}}{\tau_{i-1}} \sim \mathcal{N}(0, 1)$

Testiranje zaporedja

- Poznamo porazdelitev vsake meritve: $X_i \sim \mathcal{N}(\mu_{i-1}, \tau_{i-1}^2)$
- Torej $\frac{X_i - \mu_{i-1}}{\tau_{i-1}} \sim \mathcal{N}(0, 1)$
- Vemo, da je za i.i.d standardizirane normalne spremenljivke vsota kvadratov porazdeljena z gama porazdelitvijo

$$\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n Z^2 \sim \Gamma\left(\frac{n}{2}, \frac{n}{2}\right)$$

Testiranje zaporedja

- Poznamo porazdelitev vsake meritve: $X_i \sim \mathcal{N}(\mu_{i-1}, \tau_{i-1}^2)$
- Torej $\frac{X_i - \mu_{i-1}}{\tau_{i-1}} \sim \mathcal{N}(0, 1)$
- Vemo, da je za i.i.d standardizirane normalne spremenljivke vsota kvadratov porazdeljena z gama porazdelitvijo

$$\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n Z^2 \sim \Gamma\left(\frac{n}{2}, \frac{n}{2}\right)$$

- Metoda bolj vprašljiva: spremenljivke niso i.i.d.

Testiranje zaporedja

- Poznamo porazdelitev vsake meritve: $X_i \sim \mathcal{N}(\mu_{i-1}, \tau_{i-1}^2)$
- Torej $\frac{X_i - \mu_{i-1}}{\tau_{i-1}} \sim \mathcal{N}(0, 1)$
- Vemo, da je za i.i.d standardizirane normalne spremenljivke vsota kvadratov porazdeljena z gama porazdelitvijo

$$\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n Z^2 \sim \Gamma\left(\frac{n}{2}, \frac{n}{2}\right)$$

- Metoda bolj vprašljiva: spremenljivke niso i.i.d.
- Če se vrednost zaporedja pogleda le ob koncu meritev, je verjetnost, da zaporedje preseže mejo 0,01

Testiranje zaporedja

- Poznamo porazdelitev vsake meritve: $X_i \sim \mathcal{N}(\mu_{i-1}, \tau_{i-1}^2)$
- Torej $\frac{X_i - \mu_{i-1}}{\tau_{i-1}} \sim \mathcal{N}(0, 1)$
- Vemo, da je za i.i.d standardizirane normalne spremenljivke vsota kvadratov porazdeljena z gama porazdelitvijo

$$\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n Z^2 \sim \Gamma\left(\frac{n}{2}, \frac{n}{2}\right)$$

- Metoda bolj vprašljiva: spremenljivke niso i.i.d.
- Če se vrednost zaporedja pogleda le ob koncu meritev, je verjetnost, da zaporedje preseže mejo 0,01
- Če je konec meritev odvisen od zaporedja (končamo, ko preseže), se športniku verjetnost pozitivnega rezultata poveča na 0,04

Testiranje zaporedja

- Poznamo porazdelitev vsake meritve: $X_i \sim \mathcal{N}(\mu_{i-1}, \tau_{i-1}^2)$
- Torej $\frac{X_i - \mu_{i-1}}{\tau_{i-1}} \sim \mathcal{N}(0, 1)$
- Vemo, da je za i.i.d standardizirane normalne spremenljivke vsota kvadratov porazdeljena z gama porazdelitvijo

$$\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n Z^2 \sim \Gamma\left(\frac{n}{2}, \frac{n}{2}\right)$$

- Metoda bolj vprašljiva: spremenljivke niso i.i.d.
- Če se vrednost zaporedja pogleda le ob koncu meritev, je verjetnost, da zaporedje preseže mejo 0,01
- Če je konec meritev odvisen od zaporedja (končamo, ko preseže), se športniku verjetnost pozitivnega rezultata poveča na 0,04
- Verjetnost, da je športnik več kot enkrat pozitiven 0,02

Predpostavka o varianci

- Predpostavljam, da imajo vsi posamezniki enako varianco

Predpostavka o varianci

- Predpostavljam, da imajo vsi posamezniki enako varianco
- Vrednost 28,22: varianca znotraj posameznika v večih raziskavah, vzeta največja vrednost

Predpostavka o varianci

- Predpostavljam, da imajo vsi posamezniki enako varianco
- Vrednost 28,22: varianca znotraj posameznika v večih raziskavah, vzeta največja vrednost
- V enem od člankov avtorji ocenijo porazdelitev variance: $\sigma \sim \text{LogN}(1.7, 1)$

Predpostavka o varianci

- Predpostavljamo, da imajo vsi posamezniki enako varianco
- Vrednost 28,22: varianca znotraj posameznika v večih raziskavah, vzeta največja vrednost
- V enem od člankov avtorji ocenijo porazdelitev variance: $\sigma \sim LogN(1.7, 1)$
- Posameznik z večjo varianco ima seveda večjo verjetnost pozitivnega rezultata.

Rezultati simulacij

Table: Delež pozitivnih pri specifičnosti 0.99

	Vsi enaka varianca	$\sigma \sim LogN(1.7, 1)$
1 meritev	0,010	0,014
20 meritev	0,166	0,240
več kot 1/20	0,025	0,041
zaporedje	0,010	0,042
med zaporedjem	0,039	0,086
kadarkoli pozitiven	0,180	0,250

Vsebinski problemi - predpostavke o porazdelitvi

Varianca

- Vse skupine, na katerih je bila ocenjena varianca so bile heterogene (zdravi ljudje, vrhunski športniki v različnih športih)

Vsebinski problemi - predpostavke o porazdelitvi

Varianca

- Vse skupine, na katerih je bila ocenjena varianca so bile heterogene (zdravi ljudje, vrhunski športniki v različnih športih)
- Vrednost 28,22: varianca med posamezniki v večih raziskavah, vzeta največja vrednost

Vsebinski problemi - predpostavke o porazdelitvi

Varianca

- Vse skupine, na katerih je bila ocenjena varianca so bile heterogene (zdravi ljudje, vrhunski športniki v različnih športih)
- Vrednost 28,22: varianca med posamezniki v večih raziskavah, vzeta največja vrednost
- V nobeni raziskavi ni bilo kolesarjev

Vsebinski problemi - predpostavke o porazdelitvi

Varianca

- Vse skupine, na katerih je bila ocenjena varianca so bile heterogene (zdravi ljudje, vrhunski športniki v različnih športih)
- Vrednost 28,22: varianca med posamezniki v večih raziskavah, vzeta največja vrednost
- V nobeni raziskavi ni bilo kolesarjev
- Za športnika nikoli ne vemo, ali je res "čist"

Vsebinski problemi - predpostavke o porazdelitvi

Varianca

- Vse skupine, na katerih je bila ocenjena varianca so bile heterogene (zdravi ljudje, vrhunski športniki v različnih športih)
- Vrednost 28,22: varianca med posamezniki v večih raziskavah, vzeta največja vrednost
- V nobeni raziskavi ni bilo kolesarjev
- Za športnika nikoli ne vemo, ali je res "čist"

Vsebinski problemi - predpostavke o porazdelitvi

Varianca

- Vse skupine, na katerih je bila ocenjena varianca so bile heterogene (zdravi ljudje, vrhunski športniki v različnih športih)
- Vrednost 28,22: varianca med posamezniki v večih raziskavah, vzeta največja vrednost
- V nobeni raziskavi ni bilo kolesarjev
- Za športnika nikoli ne vemo, ali je res "čist"

Oblika porazdelitve

- Predpostavka o normalnosti: Predpostavke preverjene na vzorcih velikostnega reda max. nekaj 1000. Trenutno število testiranj v ABP 16000. Zanimajo nas repi porazdelitve!

Vsebinski problemi - predpostavke o porazdelitvi

Varianca

- Vse skupine, na katerih je bila ocenjena varianca so bile heterogene (zdravi ljudje, vrhunski športniki v različnih športih)
- Vrednost 28,22: varianca med posamezniki v večih raziskavah, vzeta največja vrednost
- V nobeni raziskavi ni bilo kolesarjev
- Za športnika nikoli ne vemo, ali je res "čist"

Oblika porazdelitve

- Predpostavka o normalnosti: Predpostavke preverjene na vzorcih velikostnega reda max. nekaj 1000. Trenutno število testiranj v ABP 16000. Zanimajo nas repi porazdelitve!
- Normalna porazdelitev znotraj posameznika: vzorci vsebovali po 5 meritev na posameznika

Vsebinski problemi - predpostavka o neodvisnosti

- Polovica doping kontrol je naključnih, ostale so ciljane

Vsebinski problemi - predpostavka o neodvisnosti

- Polovica doping kontrol je naključnih, ostale so ciljane
- Pri dopingiranih kolesarjih naj bi vrednosti Hgb najbolj odstopale **3 tedne pred dirko** (izčrpanje krvi, nizek Hgb) in **dan pred dirko** (transfuzija, visok Hgb)

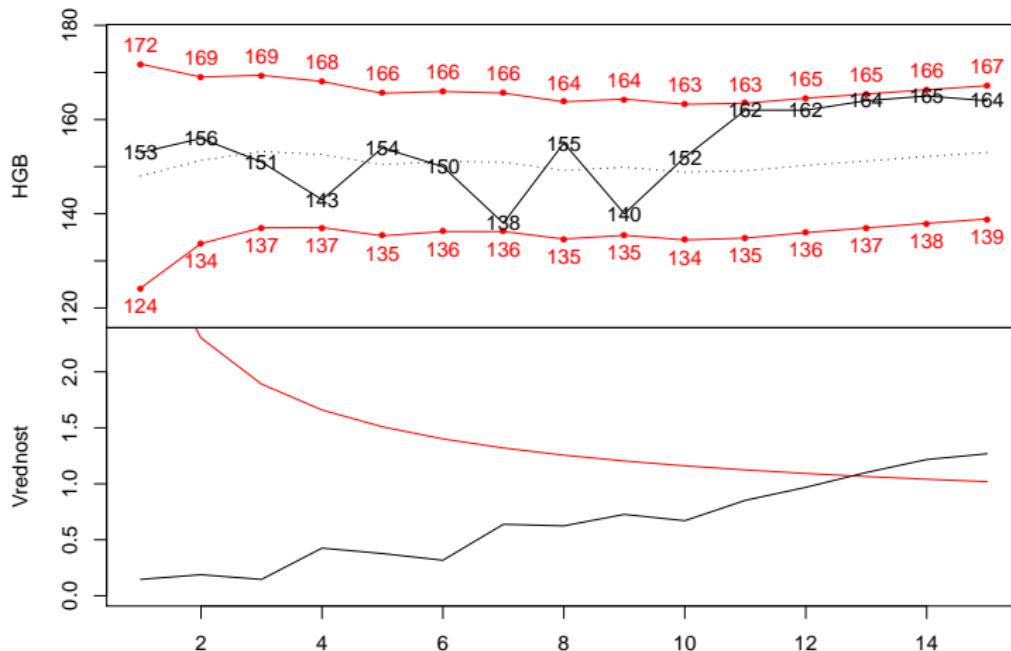
Vsebinski problemi - predpostavka o neodvisnosti

- Polovica doping kontrol je naključnih, ostale so ciljane
- Pri dopingiranih kolesarjih naj bi vrednosti Hgb najbolj odstopale **3 tedne pred dirko** (izčrpanje krvi, nizek Hgb) in **dan pred dirko** (transfuzija, visok Hgb)
- Vrednosti Hgb nihajo med sezono, najvišje so v času počitka, najnižje po hudih naporih dirk

Vsebinski problemi - predpostavka o neodvisnosti

- Polovica doping kontrol je naključnih, ostale so ciljane
- Pri dopingiranih kolesarjih naj bi vrednosti Hgb najbolj odstopale **3 tedne pred dirko** (izčrpanje krvi, nizek Hgb) in **dan pred dirko** (transfuzija, visok Hgb)
- Vrednosti Hgb nihajo med sezono, najvišje so v času počitka, najnižje po hudih naporih dirk
- Ocena posameznikovega povprečja je torej odvisna od ciljanih kontrol ter načrtovanja sezone

Primer



ABP kot metoda za računanje verjetnosti - povzetek

Verjetnost obdolžitve nedolžnega

- Vzeta največja ocenjena varianca ↓

ABP kot metoda za računanje verjetnosti - povzetek

Verjetnost obdolžitve nedolžnega

- Vzeta največja ocenjena varianca ↓
- Opazovane skupine heterogene ?↑

ABP kot metoda za računanje verjetnosti - povzetek

Verjetnost obdolžitve nedolžnega

- Vzeta največja ocenjena varianca ↓
- Opazovane skupine heterogene ?↑
- Ni raziskav o kolesarjih ?↑

ABP kot metoda za računanje verjetnosti - povzetek

Verjetnost obdolžitve nedolžnega

- Vzeta največja ocenjena varianca ↓
- Opazovane skupine heterogene ?↑
- Ni raziskav o kolesarjih ? ↑
- Neznan izid ↓

ABP kot metoda za računanje verjetnosti - povzetek

Verjetnost obdolžitve nedolžnega

- Vzeta največja ocenjena varianca ↓
- Opazovane skupine heterogene ?↑
- Ni raziskav o kolesarjih ? ↑
- Neznan izid ↓
- Nič ne vemo o repih porazdelitve ??

ABP kot metoda za računanje verjetnosti - povzetek

Verjetnost obdolžitve nedolžnega

- Vzeta največja ocenjena varianca ↓
- Opazovane skupine heterogene ?↑
- Ni raziskav o kolesarjih ? ↑
- Neznan izid ↓
- Nič ne vemo o repih porazdelitve ??
- Koreliranost v času ?

ABP kot metoda za računanje verjetnosti - povzetek

Večkratno testiranje s stališča športnika

- Več testiranj ↑

ABP kot metoda za računanje verjetnosti - povzetek

Večkratno testiranje s stališča športnika

- Več testiranj ↑
- Konstantna varianca ↑

ABP kot metoda za računanje verjetnosti - povzetek

Večkratno testiranje s stališča športnika

- Več testiranj ↑
- Konstantna varianca ↑
- Posamezne meritve + zaporedje ↑

ABP kot metoda za računanje verjetnosti - povzetek

Večkratno testiranje s stališča športnika

- Več testiranj ↑
- Konstantna varianca ↑
- Posamezne meritve + zaporedje ↑
- Retikulociti, OFF-score ↑

ABP kot metoda za računanje verjetnosti - povzetek

Večkratno testiranje s stališča športnika

- Več testiranj ↑
- Konstantna varianca ↑
- Posamezne meritve + zaporedje ↑
- Retikulociti, OFF-score ↑

ABP kot metoda za računanje verjetnosti - povzetek

Večkratno testiranje s stališča športnika

- Več testiranj ↑
- Konstantna varianca ↑
- Posamezne meritve + zaporedje ↑
- Retikulociti, OFF-score ↑

Kaj pa večkratno testiranje s stališča WADA/UCI?

Testiranih 800 športnikov letno.

Povzetek

Uporabnost ABP

- ABP lahko uporabljamo kot **presejalni test**
Na podlagi sumljivega profila je bilo z dodatnimi urinskimi testi najdeno 22 kršiteljev

Povzetek

Uporabnost ABP

- ABP lahko uporabljamo kot **presejalni test**
Na podlagi sumljivega profila je bilo z dodatnimi urinskimi testi najdeno 22 kršiteljev
- ABP je bolj sporen pri računanju **verjetnosti posamezne meritve**
Veliko predpostavk

Povzetek

Uporabnost ABP

- ABP lahko uporabljamo kot **presejalni test**
Na podlagi sumljivega profila je bilo z dodatnimi urinskim testi najdeno 22 kršiteljev
- ABP je bolj sporen pri računanju **verjetnosti posamezne meritve**
Veliko predpostavk
- ABP ne moremo uporabljati tako za **postavitev hipoteze kot tudi za njen preverjanje**
Ogromni popravki za večkratno testiranje, ugibanje o repih porazdelitve

Nature 2008

D.A.Berry

- The processes used to charge athletes with cheating are often based on flawed statistics and flawed logic
- ... So, an apparently unusual test result may not be unusual at all when viewed from the perspective of multiple tests. This is well understood by statisticians, who routinely adjust for multiple testing.

Nature 2008

D.A.Berry

- The processes used to charge athletes with cheating are often based on flawed statistics and flawed logic
- ... So, an apparently unusual test result may not be unusual at all when viewed from the perspective of multiple tests. This is well understood by statisticians, who routinely adjust for multiple testing.

Nature - editorial

Detecting cheats is meant to promote fairness, but drug testing should not be exempt from the scientific principles and standards that apply to other biomedical sciences, such as disease diagnostics.

Nature 2008

D.A.Berry

- The processes used to charge athletes with cheating are often based on flawed statistics and flawed logic
- ... So, an apparently unusual test result may not be unusual at all when viewed from the perspective of multiple tests. This is well understood by statisticians, who routinely adjust for multiple testing.

Nature - editorial

Detecting cheats is meant to promote fairness, but drug testing should not be exempt from the scientific principles and standards that apply to other biomedical sciences, such as disease diagnostics.

Sottas et al

- Anti-doping is a forensic science, not a medical one



Nature 2008

D.A.Berry

- The processes used to charge athletes with cheating are often based on flawed statistics and flawed logic
- ... So, an apparently unusual test result may not be unusual at all when viewed from the perspective of multiple tests. This is well understood by statisticians, who routinely adjust for multiple testing.

Nature - editorial

Detecting cheats is meant to promote fairness, but drug testing should not be exempt from the scientific principles and standards that apply to other biomedical sciences, such as disease diagnostics.

Sottas et al

- Anti-doping is a forensic science, not a medical one
- In forensics, the risk of a false positive must be minimized



Nature 2008

D.A.Berry

- The processes used to charge athletes with cheating are often based on flawed statistics and flawed logic
- ... So, an apparently unusual test result may not be unusual at all when viewed from the perspective of multiple tests. This is well understood by statisticians, who routinely adjust for multiple testing.

Nature - editorial

Detecting cheats is meant to promote fairness, but drug testing should not be exempt from the scientific principles and standards that apply to other biomedical sciences, such as disease diagnostics.

Sottas et al

- Anti-doping is a forensic science, not a medical one
- In forensics, the risk of a false positive must be minimized
- This fact alone explains why anti-doping tests do not necessarily rely on statistical reasoning



Nature 2008

D.A.Berry

- The processes used to charge athletes with cheating are often based on flawed statistics and flawed logic
- ... So, an apparently unusual test result may not be unusual at all when viewed from the perspective of multiple tests. This is well understood by statisticians, who routinely adjust for multiple testing.

Nature - editorial

Detecting cheats is meant to promote fairness, but drug testing should not be exempt from the scientific principles and standards that apply to other biomedical sciences, such as disease diagnostics.

Sottas et al

- Anti-doping is a forensic science, not a medical one
- In forensics, the risk of a false positive must be minimized
- This fact alone explains why anti-doping tests do not necessarily rely on statistical reasoning
- To date, no false positive has been reported among all the negative controls



Kakšen je torej postopek odločanja?

With 3 hypotheses, 3 questions must be evaluated:

- 1 How likely are the passport data assuming a normal physiological condition? This is done quantitatively with the “Bayesian adaptive model”.

Kakšen je torej postopek odločanja?

With 3 hypotheses, 3 questions must be evaluated:

- ① How likely are the passport data assuming a normal physiological condition? This is done quantitatively with the “Bayesian adaptive model”.
- ② How likely are the passport data assuming a medical condition? Expert evidence

Kakšen je torej postopek odločanja?

With 3 hypotheses, 3 questions must be evaluated:

- ① How likely are the passport data assuming a normal physiological condition? This is done quantitatively with the “Bayesian adaptive model”.
- ② How likely are the passport data assuming a medical condition?
Expert evidence
- ③ How likely are the passport data assuming doping?
Expert evidence

Kakšen je torej postopek odločanja?

With 3 hypotheses, 3 questions must be evaluated:

- ① How likely are the passport data assuming a normal physiological condition? This is done quantitatively with the “Bayesian adaptive model”.
- ② How likely are the passport data assuming a medical condition?
Expert evidence
- ③ How likely are the passport data assuming doping?
Expert evidence

Kakšen je torej postopek odločanja?

With 3 hypotheses, 3 questions must be evaluated:

- ① How likely are the passport data assuming a normal physiological condition? This is done quantitatively with the “Bayesian adaptive model”.
- ② How likely are the passport data assuming a medical condition?
Expert evidence
- ③ How likely are the passport data assuming doping?
Expert evidence

and to compare the answers to determine the “weight of evidence” (Aitken and Taroni 2004) A passport gives very strong evidence of doping when:

- it is significantly more likely to obtain the passport assuming doping than a normal physiological condition

Kakšen je torej postopek odločanja?

With 3 hypotheses, 3 questions must be evaluated:

- ① How likely are the passport data assuming a normal physiological condition? This is done quantitatively with the “Bayesian adaptive model”.
- ② How likely are the passport data assuming a medical condition?
Expert evidence
- ③ How likely are the passport data assuming doping?
Expert evidence

and to compare the answers to determine the “weight of evidence” (Aitken and Taroni 2004) A passport gives very strong evidence of doping when:

- it is significantly more likely to obtain the passport assuming doping than a normal physiological condition
- it is significantly more likely to obtain the passport assuming doping than a medical condition

WADA says

Multiple testing and DNA evidence

- A crime-scene DNA sample is compared with a **large** database.

WADA says

Multiple testing and DNA evidence

- A crime-scene DNA sample is compared with a **large** database.
- A match would provide strong evidence only if a **second criterion** is fulfilled at the same time, for example proximity

WADA says

Multiple testing and DNA evidence

- A crime-scene DNA sample is compared with a large database.
- A match would provide strong evidence only if a second criterion is fulfilled at the same time, for example proximity
- If the match corresponds to an individual living far away from the crime-scene, then the evidence is low. On the other hand, if the match corresponds to an individual living in the neighborhood of the crime-scene the evidence is high.

WADA says

Multiple testing and DNA evidence

- A crime-scene DNA sample is compared with a large database.
- A match would provide strong evidence only if a second criterion is fulfilled at the same time, for example proximity
- If the match corresponds to an individual living far away from the crime-scene, then the evidence is low. On the other hand, if the match corresponds to an individual living in the neighborhood of the crime-scene the evidence is high.

WADA says

Multiple testing and DNA evidence

- A crime-scene DNA sample is compared with a large database.
- A match would provide strong evidence only if a second criterion is fulfilled at the same time, for example proximity
- If the match corresponds to an individual living far away from the crime-scene, then the evidence is low. On the other hand, if the match corresponds to an individual living in the neighborhood of the crime-scene the evidence is high.

“Finding a match” AND “the individual lives near the crime scene” gives strong evidence, because the probability to have BOTH at the same time is very low.

WADA says

Multiple testing and DNA evidence

- A crime-scene DNA sample is compared with a large database.
- A match would provide strong evidence only if a second criterion is fulfilled at the same time, for example proximity
- If the match corresponds to an individual living far away from the crime-scene, then the evidence is low. On the other hand, if the match corresponds to an individual living in the neighborhood of the crime-scene the evidence is high.

“Finding a match” AND “the individual lives near the crime scene” gives strong evidence, because the probability to have BOTH at the same time is very low.

Multiple testing and ABP evidence

“Abnormal passport” AND “the detected abnormalities were exactly at the expected levels assuming doping and found precisely at the time they should be assuming doping ” gives strong evidence, because the probability to have BOTH at the same time is very low.

WADA says

Multiple testing and DNA evidence

- A crime-scene DNA sample is compared with a large database.
- A match would provide strong evidence only if a second criterion is fulfilled at the same time, for example proximity
- If the match corresponds to an individual living far away from the crime-scene, then the evidence is low. On the other hand, if the match corresponds to an individual living in the neighborhood of the crime-scene the evidence is high.

“Finding a match” AND “the individual lives near the crime scene” gives strong evidence, because the probability to have BOTH at the same time is very low.

Multiple testing and ABP evidence

“Abnormal passport” AND “the detected abnormalities were exactly at the expected levels assuming doping and found precisely at the time they should be assuming doping ” gives strong evidence, because the probability to have BOTH at the same time is very low.

Assuming that a correct logic is used to evaluate the evidence (e.g. using the same precautions as used today with DNA evidence), multiple testing is a non-issue in the ABP.



Abnormal passport AND doping patterns

Je ABP res ekvivalenten DNA?

predpostavke, večkratno testiranje znotraj posameznika

Abnormal passport AND doping patterns

Je ABP res ekvivalenten DNA?

predpostavke, večkratno testiranje znotraj posameznika

Doping patterns: "at the expected levels"

Sumljive so visoke in nizke vrednosti, torej vrednosti z majhno verjetnostjo - to ni dodatna informacija

Abnormal passport AND doping patterns

Je ABP res ekvivalenten DNA?

predpostavke, večkratno testiranje znotraj posameznika

Doping patterns: "at the expected levels"

Sumljive so visoke in nizke vrednosti, torej vrednosti z majhno verjetnostjo - to ni dodatna informacija

doping patterns: "at the time"

Vrednosti ne spremljamo ves čas, polovica jih je ob časih, ki so kritični za doping.

Razdelimo čase meritev na tri skupine:

- naključen $P = 0.5$
- pričakovana vrednost v primeru dopinga je visoka $P = 0.25$
- pričakovana vrednost v primeru dopinga je nizka $P = 0.25$

Abnormal passport AND doping patterns

Je ABP res ekvivalenten DNA?

predpostavke, večkratno testiranje znotraj posameznika

Doping patterns: "at the expected levels"

Sumljive so visoke in nizke vrednosti, torej vrednosti z majhno verjetnostjo - to ni dodatna informacija

doping patterns: "at the time"

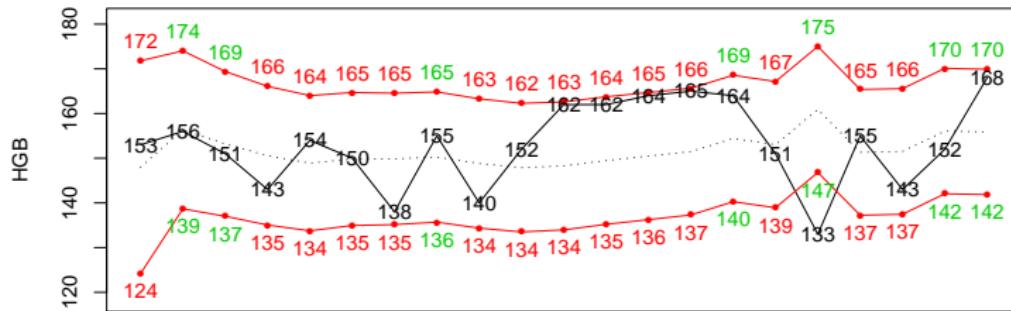
Vrednosti ne spremljamo ves čas, polovica jih je ob časih, ki so kritični za doping.

Razdelimo čase meritev na tri skupine:

- naključen $P = 0.5$
- pričakovana vrednost v primeru dopinga je visoka $P = 0.25$
- pričakovana vrednost v primeru dopinga je nizka $P = 0.25$

$P(\text{pattern match} | \text{abnormal measurement}) = 0.25$

Primer - je lahko krivo naključje?



- Varianca bistveno večja
- Meritev 17: 3 tedne pred Girom
- Meritev 21: dan pred Vuelto, 2 dni po prejšnji meritvi

Primer

WADA: In this particular case, things are much simpler because the detected abnormalities are **at a so high level** that they **cannot be the result of** finding a match by **pure chance alone**. And this **independently** whether the profile is characteristic of a doping behavior (which it is) or not. In this case, only an external cause can explain the detected abnormalities.

Primer

WADA: In this particular case, things are much simpler because the detected abnormalities are **at a so high level** that they **cannot be the result of** finding a match by **pure chance alone**. And this **independently** whether the profile is characteristic of a doping behavior (which it is) or not. In this case, only an external cause can explain the detected abnormalities.

- Meritev 17: $z = -5, p = 4 * 10^{-7}$

Primer

WADA: In this particular case, things are much simpler because the detected abnormalities are **at a so high level** that they **cannot be the result of** finding a match by **pure chance alone**. And this **independently** whether the profile is characteristic of a doping behavior (which it is) or not. In this case, only an external cause can explain the detected abnormalities.

- Meritev 17: $z = -5, p = 4 * 10^{-7}$
- Ampak: o verjetnostih pod 0.0001 težko rečemo karkoli, saj ne vemo nič o repih porazdelitve

Primer

WADA: In this particular case, things are much simpler because the detected abnormalities are **at a so high level** that they **cannot be the result of** finding a match by **pure chance alone**. And this **independently** whether the profile is characteristic of a doping behavior (which it is) or not. In this case, only an external cause can explain the detected abnormalities.

- Meritev 17: $z = -5, p = 4 * 10^{-7}$
- Ampak: o verjetnostih pod 0.0001 težko rečemo karkoli, saj ne vemo nič o repih porazdelitve
- Pa tudi če so vse predpostavke res: verjetnost, da pri 800×20 testih dobim vrednost nad $z > 5$ je **70%** (pri več kot enem 35%)

Primer

WADA: In this particular case, things are much simpler because the detected abnormalities are **at a so high level** that they **cannot be the result of** finding a match by **pure chance alone**. And this **independently** whether the profile is characteristic of a doping behavior (which it is) or not. In this case, only an external cause can explain the detected abnormalities.

- Meritev 17: $z = -5, p = 4 * 10^{-7}$
- Ampak: o verjetnostih pod 0.0001 težko rečemo karkoli, saj ne vemo nič o repih porazdelitve
- Pa tudi če so vse predpostavke res: verjetnost, da pri 800×20 testih dobim vrednost nad $z > 5$ je **70%** (pri več kot enem 35%)
- In če varianca ni konstantna: verjetnost, da pri 800×20 testih dobim vrednost nad $z > 5$ je **80%** (pri več kot enem 50%)

In zaključek?

WADA

- WADA se strinja, da se ABP uporablja kot presejalni test, ki sproži nadaljnjo preiskavo

In zaključek?

WADA

- WADA se strinja, da se ABP uporablja kot presejalni test, ki sproži nadaljnjo preiskavo
- Navkljub temu poroča izračunane verjetnosti (brez vsakršnih popravkov)

In zaključek?

WADA

- WADA se strinja, da se ABP uporablja kot presejalni test, ki sproži nadaljnjo preiskavo
- Navkljub temu poroča izračunane verjetnosti (brez vsakršnih popravkov)
- Kot “second criterion” znova uporablja iste podatke - meritve iz ABP

In zaključek?

WADA

- WADA se strinja, da se ABP uporablja kot presejalni test, ki sproži nadaljnjo preiskavo
- Navkljub temu poroča izračunane verjetnosti (brez vsakršnih popravkov)
- Kot “second criterion” znova uporablja iste podatke - meritve iz ABP
- WADA statistician: “The data are first analysed **quantitatively** and suspicious cases are identified. The required **additional evidence** is found by **qualitative** analysis of the data (experts).

In zaključek?

WADA

- WADA se strinja, da se ABP uporablja kot presejalni test, ki sproži nadaljnjo preiskavo
- Navkljub temu poroča izračunane verjetnosti (brez vsakršnih popravkov)
- Kot “second criterion” znova uporablja iste podatke - meritve iz ABP
- WADA statistician: “The data are first analysed **quantitatively** and suspicious cases are identified. The required **additional evidence** is found by **qualitative** analysis of the data (experts).

In zaključek?

WADA

- WADA se strinja, da se ABP uporablja kot presejalni test, ki sproži nadaljnjo preiskavo
- Navkljub temu poroča izračunane verjetnosti (brez vsakršnih popravkov)
- Kot “second criterion” znova uporablja iste podatke - meritve iz ABP
- WADA statistician: “The data are first analysed **quantitatively** and suspicious cases are identified. The required **additional evidence** is found by **qualitative** analysis of the data (experts).

Reakcija predsednika komisije

Hmm, this is rather confusing. I can see there are some issues here, but since the experts do not agree, it is hard to judge. So, let us just finish with this statistical part and move to the expert opinions ...

With the assistance of the experts appointed by the parties, the CAS Panel has reviewed in detail the biological passport program applied by the UCI and has found that the strict application of such program could be considered as a reliable means of detecting indirect doping methods.