

Okosabb vagyok-e mint az okosmérleg?

Márton Kiss, MD (mrkmarion@gmail.com)

2020 05 14

Miről lesz szó?

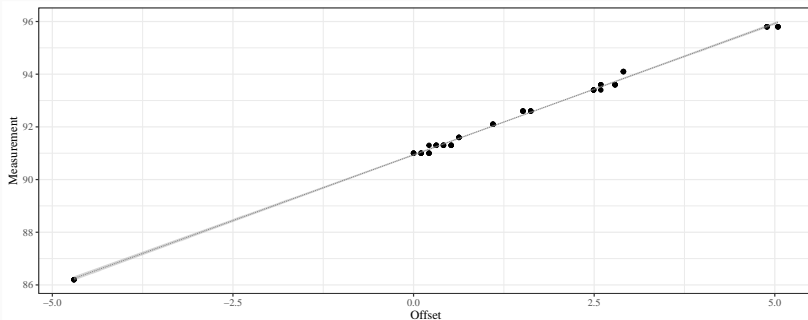
Nem vagyok meggyőződve a fürdőszobamérlegem pontosságáról, ezért némi (ön-) kísérletezésbe fogtam.

A következőkben:

- Kísérletet teszek a mérlegem **kalibrálására** családtagok segítségével
- Bemutatok egy módszert, ami némi **plusz információ** segítségével pontosabb és esetleg hasznosabb eredményeket ad
- Röviden megemlékezem a **"self-tracking"** jelenségről és az általánosan alkalmazott eljárások korlátairól

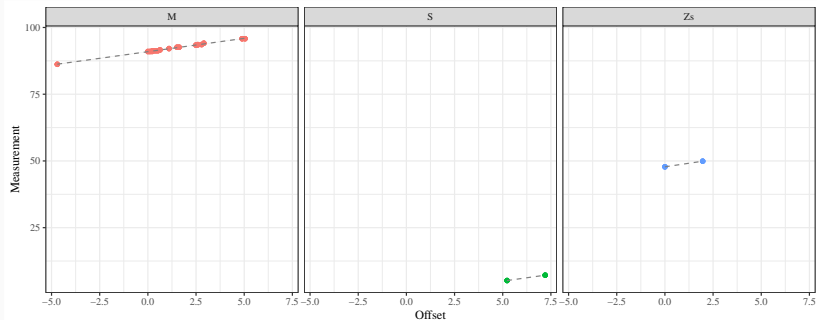
Kísérleti felállás - kalibráció

Ismételt méréseket végeztem *ismert* tömegű víz fogyasztása után (több lépcsőben), majd szintén *ismert* tömegű súlyok (*Offset* változó, 2 kg-os súlyzók, festékesbödönök, kisbaba) együttes mérésével.



Kísérleti felállítás - kalibráció II.

A feleségem segítségével még egy “szinten” történt mérés súlyzóval/súlyzó nélkül. Végül, a súlyokkal önmagában is készültek mérések (egy szintén ismert tömegű fazékot is felhasználva).



Feltűnik, hogy az ismétlések során az ismételt mérések összetartanak, csak egy esetben figyeltünk meg egy darab eltérő eredményt ismételt méréseknél! Éppen ezért az ismétléseket *elhanyagoltam* (21 db mérés marad).

Kalibrálás WLS segítségével

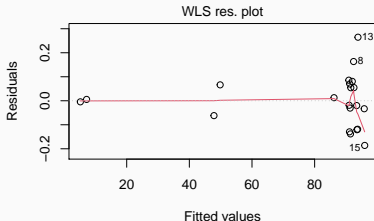
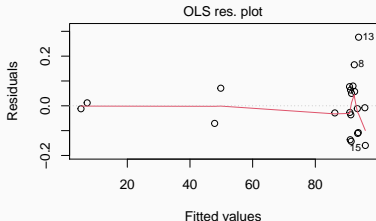
OLS alkalmazása esetén sértenénk a szóráshomogenitást (nagyobb súlyt nagyobb szórással mérnénk).

Ennek egy egyszerű megoldása a megfigyelések újrásúlyozása a szórás változását feltételezve (itt *variancia* ~ *tömeg*).

Ilyen módon illesztjük a következő modellt:

```
## Measurement ~ Offset + Situation
```

Bár ez a res. plotokat nem befolyásolja érdemben, de megnyugodhatunk, hogy kezeljük a problémát.



Eredmények I/III

A szintek mérésekor a WLS modell alapján a következő eredményeket kaphatjuk:

```
## [1] "Az én tömegem pred. intervalluma (babával):"  
##      fit      lwr      upr  
## 1 90.91 90.66 91.17
```

```
## [1] "A feleségem tömegének pred. intervalluma:"  
##      fit      lwr      upr  
## 1 47.86 47.68 48.04
```

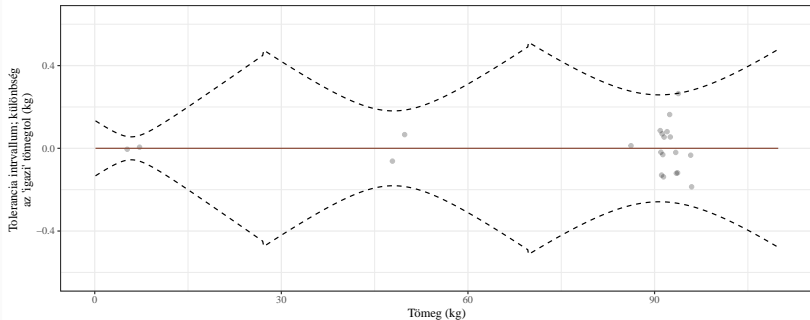
```
## [1] "A súlyok pred. intervalluma (def. szerint 0):"  
##      fit      lwr      upr  
## 1 -0.05 -0.19 0.09
```

Ehhez csupán a *variancia* ~ *mért tömeg* összefüggést specifikáltuk. Egyedül a súlyok tömegében rejlő bizonytalanságot (ami konyhamérleggel lett mérve...) hanyagoltuk el/engedtük meg, hogy a bizonytalanság ne a független változók oldalán jelentkezzen (MA; SMA regresszióval sincs nagy különbség).

Eredmények II/III

Ha **feltesszük**, hogy a pontbecslések pontosak, **és** hogy a súlyok tömegét is pontosan adtuk meg, kiszámolható az **"igazi"** tömeg mérésenként.

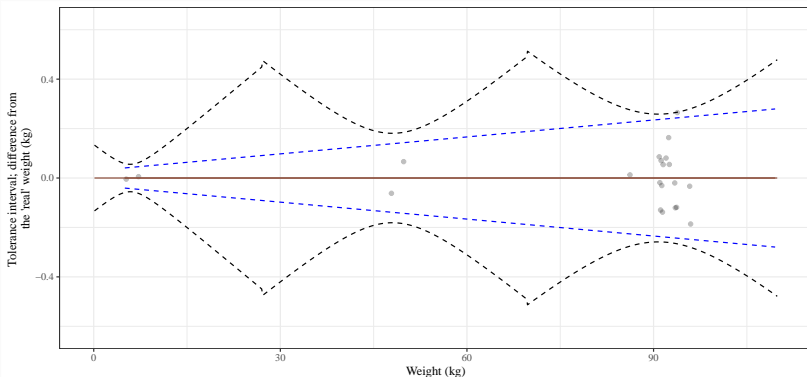
Ezt felhasználva az eredeti WLS modell predikciós intervallumai a következőképpen alakulnak:



Az alak magyarázata, hogy csak relatíve kicsi tartományban mértünk újra súlyokkal (a súlyok mérésének a bizonytalansága tehát megjelenik, csak nem ideális módon).

Eredmények III/III

Ha a súlyok méréséből adódó bizonytalanságot teljesen elhanyagoljuk (tehát a kapott \sim WLS által prediktált értékeket nézzük), és fenntartjuk a varianciára vonatkozó feltételezést, akkor az alábbi, kékkel jelölt (már tényleg kalibrációs görbének tűnő) eredményeket kapjuk:



Prediction intervals based on the original WLS model (gray)
and after supposing perfectly described ballasts (formerly as 'Offset').

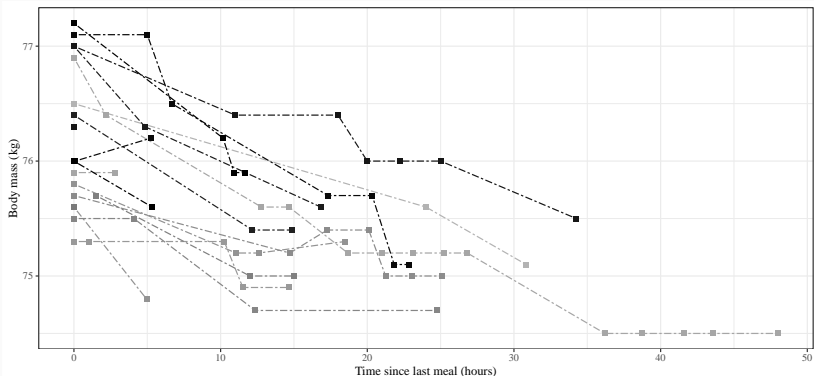
- 80 kg környékén már akár .5 kg bizonytalanság is lehet a 'naív' mérési eredményben.
- **'Felháborító'!** (Létjogosultságukat veszítik a 'na jó, újramérem zokni nélkül' típusú gondolatok...)
- Ilyen hibákkal nehéz lehet ajánlott ütemű (.5-1 kg/hét) testsúlycsökkenést követni (amit én szeretnék produkálni és követni is).
- A **releváns kérdés** megfogalmazása is érdekes - az izom/zsírtömegemet szeretném követni, *nem* az a közvetlen problémám, hogy nem 'látok' egy pohár megivott vizet
- Az étkezések gyakorlatilag zavarnak, többféle módon 'pakolnak' az emberre tömeget

Második* kísérlet

Egy kb. egy hónapos időszakban (a szokásosnál gyakrabban, de ad hoc jelleggel, kb. 2 hét kihagyással) gyűjtöttem a testtömeg értékeimet.

A mérések során rögzítettem az utolsó étkezés óta eltelt időt (és minden esetben az étkezés utáni 'baseline' értéket).

Étkezések között csak kalóriamentes folyadékot fogyasztottam.

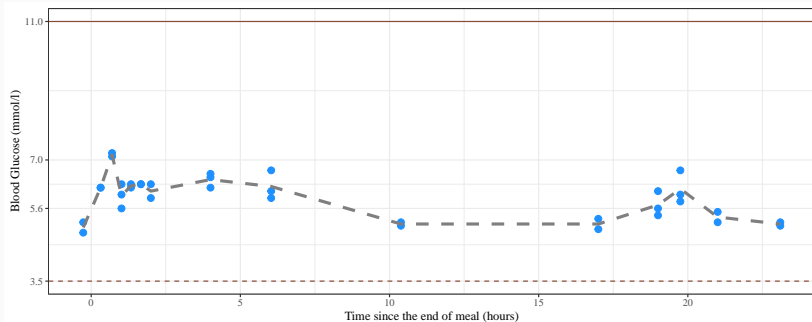


Collected measurements over time; lighter shades of grey indicates earlier collection dates.
Measurements collected in the same period of fasting are connected with dashed lines.

*Ez időben a kalibrálás előtt történt, ezért a testtömeg értékek - sajnos - location shiftnek vannak kitéve

Kitérő - biztonságosság

- Pár napos (és talán meglepő módon jóval hosszabb) koplalást más források is vizsgáltak egészségeseken [1-3]
- A ("kezdőkben") koplalás közben jelentkező fejfájás *nem* az alacsony vércukorszint jele (nálam, ld. ábra).



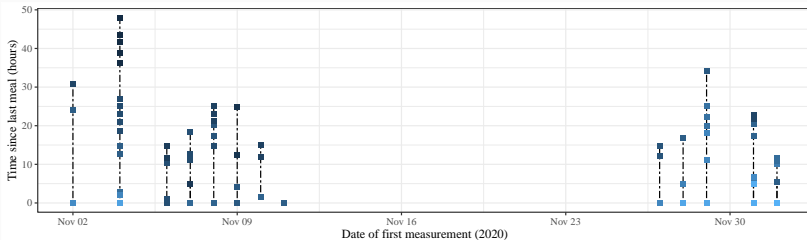
1: Zauner 2000 - <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10837292>

2: Fung 2016 (előadás) <https://www.youtube.com/watch?v=tIuj-oMN-Fk>

3: Finnel 2018 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5819235/>

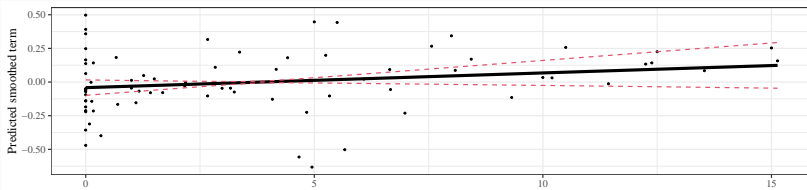
Az adatsor

A megfigyelések nem kiegyensúlyozottak a dokumentált periódusban; 74 mérésből áll 18 periódusból.



Az ébredéstől eltelt órákat is feljegyztem, ezek azonban nem tűntek relevánsnak.

A megfigyeléseket első körben GAM-modellekkel vizsgáltam, az ébren töltött órákat pedig a továbbiakban elhanyagolom.



Linearitás vizsgálata GAM modellel

A (kis számú megfigyelésre állított!) GAM megközelítés szerint

- az étkezés utáni tömeggel mint 'baseline' korrekcióval **lineárisan** lehet célszerű korrigálni (ha a különbségre vagyunk kíváncsiak),
- az étkezés óta eltelt időt egy **alacsony fokszámú spline-nal/polinommal** lehetne vizsgálni, illetve
- a hosszútávú változást egy **magasabb szabadsági fokú** spline-nal lehet érdemes figyelembe venni.

```
##
```

```
## Family: gaussian
```

```
## Link function: identity
```

```
##
```

```
## Formula:
```

```
## Mass ~ s(time, bs = "ts") + s(truedate, bs = "ts") + s>Last_fed_weig
```

```
##      bs = "ts")
```

```
##
```

```
## Approximate significance of smooth terms:
```

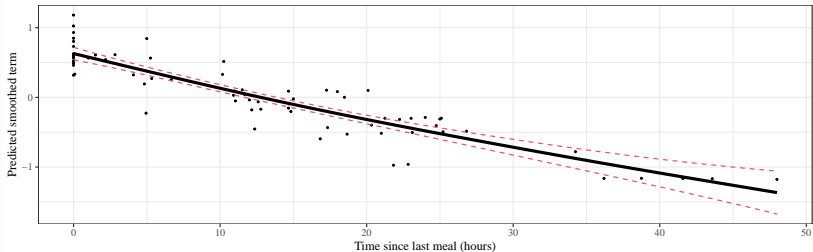
```
##           edf Ref.df      F  p-value
```

```
## s(time)      1.879   9.000 23.411 < 2e-16
```

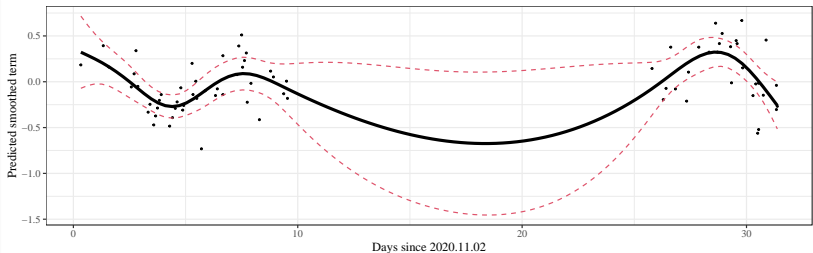
```
## s(truedate)   7.056   9.000  4.424 1.68e-05
```

```
## s>Last_fed_weight 1.104   9.000  5.503 < 2e-16
```

GAM javaslat *tömeg* ~ *idő* összefüggésekre



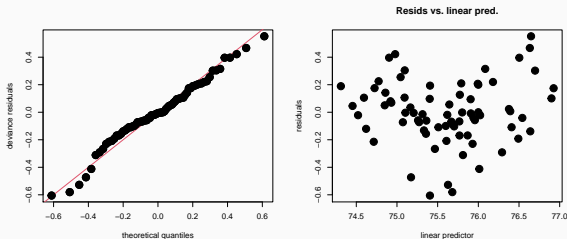
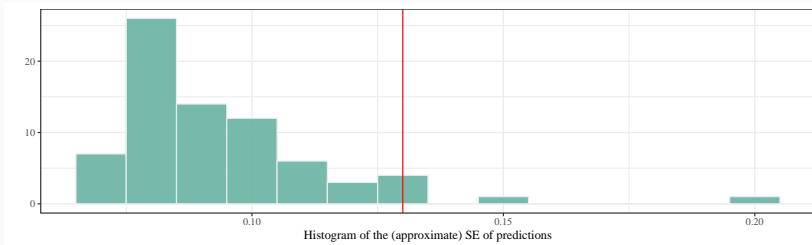
Plot representing the smoothed term. Points represent the partial residuals, approximate 95% CI is noted with dashed lines.



Plot representing the smoothed term. Points represent the partial residuals, approximate 95% CI is noted with dashed lines.

Predikciók pontossága

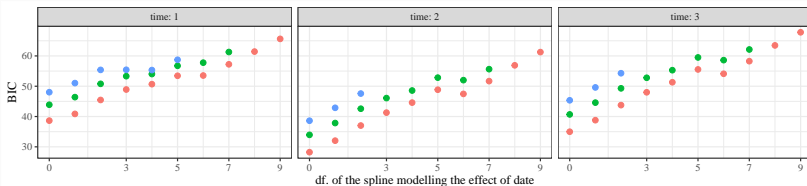
Vegyük észre, hogy amíg a kalibrált görbénél 90 kg környékén a SE kb. 0.13 kg, a GAM modell **fix** részének a bizonytalansága sok esetben ennél kisebb. (Bár maga a modell nehezen vehető komolyan.)



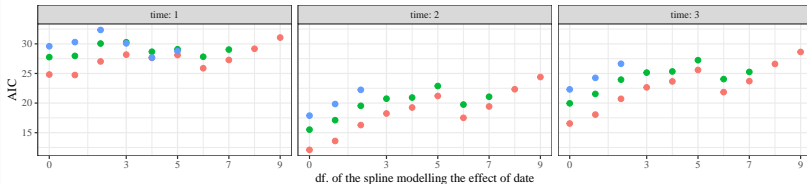
(Kevert-) Modellezés splineokkal, a koplalás hatására

Kevert modelleket vizsgáltam, ahol *korrelálatlan random slope/intercepttel* jellemeztem a koplalás hatását.

AIC és BIC alapján néztem a prediktorok bevonhatóságát természetes splineokkal. Egy másodfokú spline-nal érdemes bevonni a koplalás idejét, és egyszerű baseline-korrekcióval az utolsó étkezéskor mért tömeget.



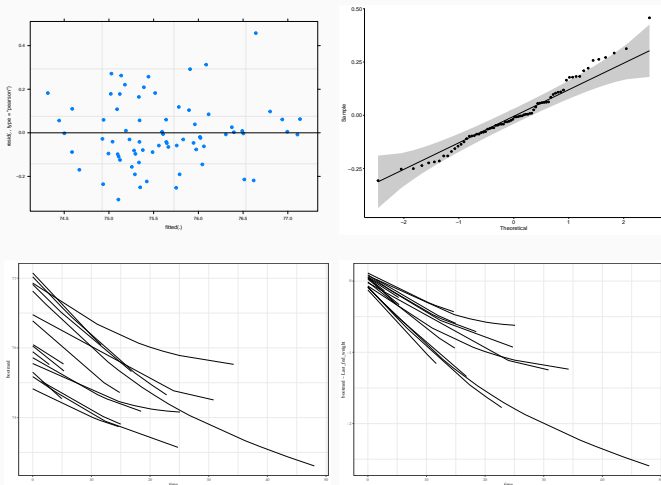
Facets represent the df. of the spline modelling the effect of hours fasted.
Points in different color represent models in which the last fed weight is included with splines.
Only models where the VIF of the most suspect term was < 10 are presented.



Facets represent the df. of the spline modelling the effect of hours fasted.
Points in different color represent models in which the last fed weight is included with splines.
Only models where the VIF of the most suspect term was < 10 are presented.

Modellezés splineokkal, a kopplálás hatására - diagnosztika

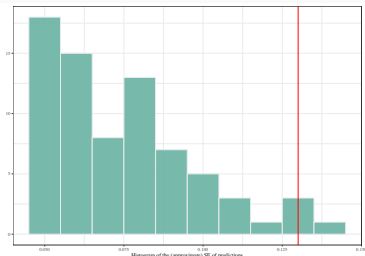
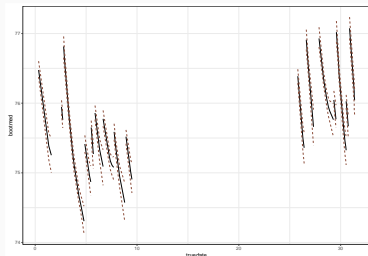
A modelldiagnosztikák (majdnem) megfelelők, a kopplálási periódusokra (belőlük számított testtömeg-változásra) adott predikciók lent láthatók.



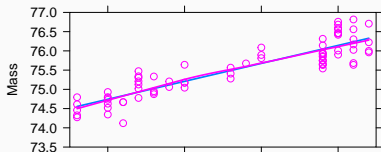
“Pontosság”

A **random hatásokra feltételes**, bootstrap alapján becsült predikciós intervallum bizonytalansága igen kicsi.

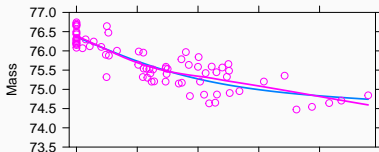
Ez a megközelítés a **koplasz** **testtömeg** modellezésére igen jó (R^2 analóg mérték: 0.65; 0.96 a random hatásokra kondicionálva), de a napról-napra történő változás figyelembevételére nem.



Last_fed_weight predictor effect plot



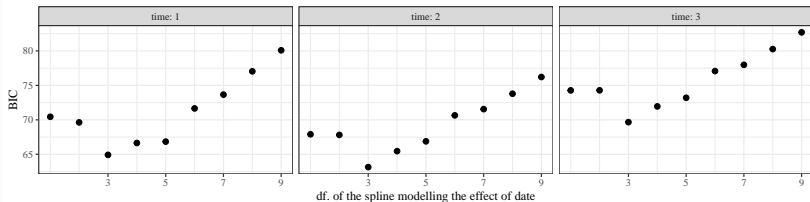
time predictor effect plot



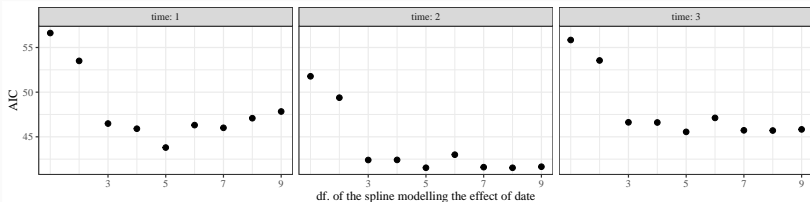
Tömeg modellezése ('baseline' nélkül)

A koplalási idő bevétele $df=2$, a dátum bevétele a modellbe BIC alapján egy $df=3$ spline-nal ajánlott.

(Az AIC $df=5$ -ös ajánlása esetén konvergencia problémák jelentkeztek, magasabb df alkalmazása esetén a VIF is nő.)



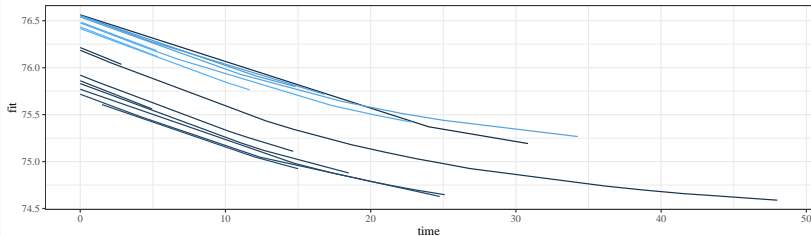
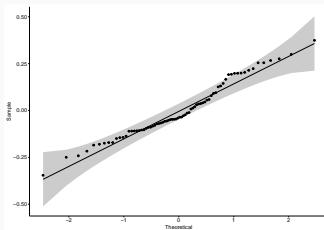
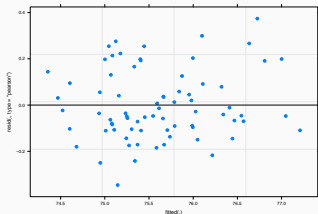
Facets represent the df. of the spline modelling the effect of hours fasted.
Points in different color represent models in which the last fed weight is included with splines.
Only models where the VIF of the most suspect term was < 10 are presented.



Facets represent the df. of the spline modelling the effect of hours fasted.
Points in different color represent models in which the last fed weight is included with splines.
Only models where the VIF of the most suspect term was < 10 are presented.

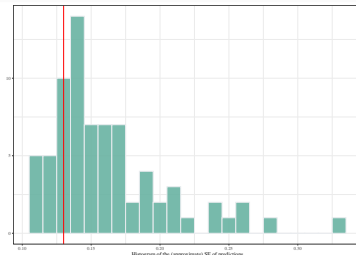
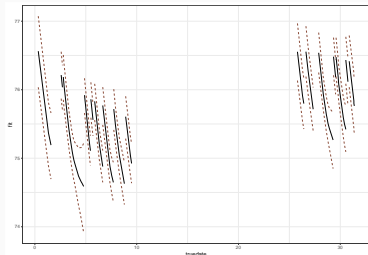
Tömeg modellezése

AIB/BIC/LR teszt alapján ebben az esetben **korrelált** random slope/intercept modell javallott (a random slope kivétele rontott a modellen). Az így összeállított modell fontosabb diagnosztikái elfogadhatók.

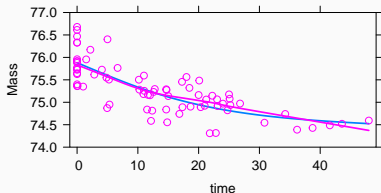


“Pontosság”

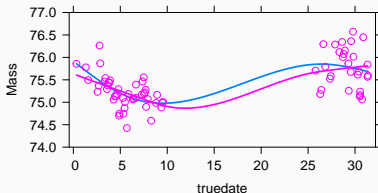
A **random hatásokra feltételes**, **fix** komponens bizonytalansága - általában - nem jobb a mérleg *ab ovo* vett bizonytalanságával (*lmerTest* alapján).



time predictor effect plot

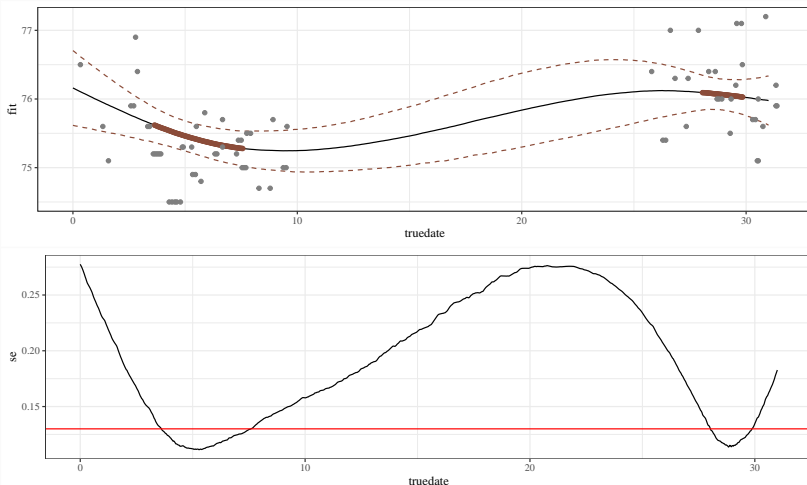


truedate predictor effect plot



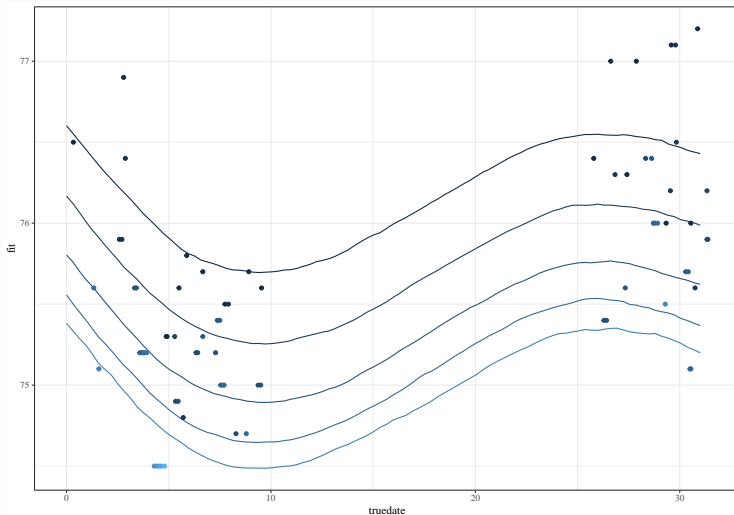
Predikciók I/II

Ha a (*random hatásokra kondicionált*) **fix** hatások (közelített) bizonytalanságát tekintjük irányadónak, kiemelhetők bizonyos időszakok, amikor a modell kisebb hibával becsülte a testtömeget a közeli étkezések hatása nélkül(!)



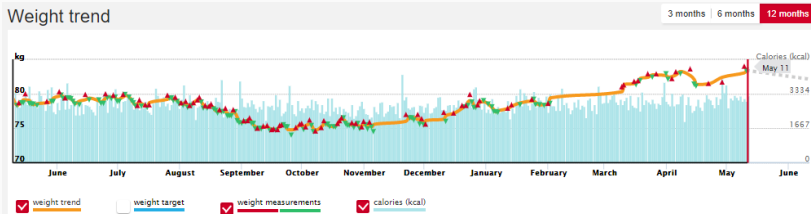
Predikciók II/II

Ha a (random hatásokra kondicionált) fix hatások (közelített) bizonytalanságát tekintjük irányadónak, kiemelhetők bizonyos időszakok, amikor a modell kisebb hibával becsülte a testtömeget **a közeli étkezések hatása nélkül(!)** (R^2 analóg mérték: 0.66; 0.93 a random hatásokra kondicionálva.)



Tanulságok

- A jelen felállás csak **asszociációt** hivatott kimutatni!
- **TILOS** meggondolatlanul extrapolálni egy adott ember adataiból!
- A gyakorlatban a *standardizálás* jelentőségét lehetne kiemelni (pl. csak reggelente mérjük testtömeget)
- Bevallottan sok plusz munkával lehet javítani a mérés pontosságát ("akár" ~40%-kal kisebb szórás...!)
- Számos out-of-the-box, IoT megoldás elérhető különböző paraméterek méréséhez, mégis meg lehet kérdőjelezni egy egyszerű mérleg eredményeit (miért nem normálisak a mérési hibák...?)
- Az adatgyűjtést mindezek ellenére manuálisan kellett intézнем
- Az ilyen megoldások generált outputjai, jelentései sokszor még szórakozásnak sem jók



- ...még egy vizsgálható adatsor, reprodukálható eredményekkel