

Intepretace výsledků GLM/SPM

Michal Mikl

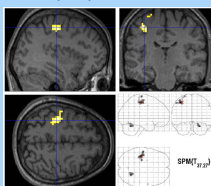
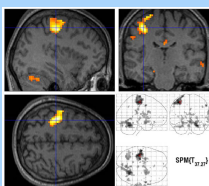
Cíle a úskalí interpretace

- Cíle:
 - Nalezení aktivních oblastí (či oblastí s rozdílnou aktivitou) v souvislosti s experimentální hypotézou a jejich zobrazení (aktivační mapa) a přehledný popis (tabulka aktivací)
- Prostředky:
 - Statistická parametrická mapa vytvořená na základě zvoleného kontrastu (hypotézy)
 - Příslušná metoda prahování (rozhodnutí co je a co není významné)
 - Anatomické atlasy
- Úskalí:
 - Problém mnohonásobného testování
 - Typ interpretace (voxel-level vs. cluster-level inference)
 - Přesnost anatomické lokalizace a variability mezi subjekty



Korekce pro mnohonásobná testování

- Bez korekce (Hladina významnosti platná pro jeden voxel)
 - Při zobrazení n výsledků se zvýší pravděpodobnost falešně poz. výsl. n -krát
 - Obvykle $p < 0,001$
- S korekcí (Hladina významnosti platná pro celý měřený soubor)
 - **FWE** (family wise error)
 - Bonferroniho korekce (nezávislost dat)
 - Teorie Gaussových náhodných polí (určitá hladkost dat)
 - **FDR** (false discovery rate)
 - Obvykle $p < 0,05$

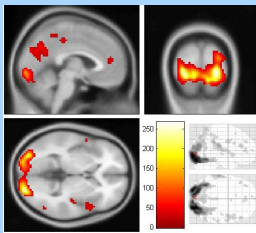


Volba / definice vhodného kontrastu

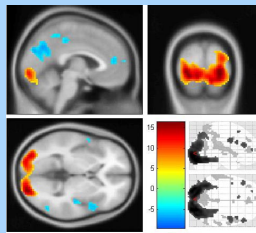
- t-kontrast
 - jednoduchá hypotéza – testuje se lineární kombinace odhadnutých parametrů
 - typicky jednostranný test, u oboustranného rozlišíme znaménko
 - výsledkem je SPM{t}
- F-kontrast
 - možnost testování množiny hypotéz
 - u jednoduché hypotézy je $F = t^2$
 - vždy jednostranný test (charakter rozdělení), nerozlišíme směr/znaménko efektu
 - vhodné pro celkové efekty zájmu, zobrazení výsledků s použitím více básových funkcí (např. FIR, hrf + derivace)
 - výsledkem je SPM{F}

SPM(z) – statistická parametrická mapa obsahující tzv. z-hodnoty (normální rozdělení). t-hodnoty je možné přepočítat na z-hodnoty

F-kontrast, $p < 0.05$ FWE corr.



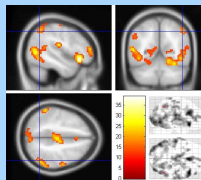
t-kontrast $p < 0.05$ FWE corr.



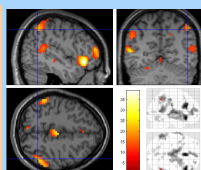
Kontrasty – maskování a konjunkce

- Maskování
 - zobrazí se jen ty voxely, které současně vyhovují (inclusive mask) nebo nevyhovují (exclusive mask) maskovacímu kontrastu
 - prahování: cílový kontrast obvyklým způsobem, maskovací kontrast obvykle jen 0,05 uncorr.
- Konjunkce
 - konjunkce všech prahovaných map příslušejícím zvoleným kontrastům (voxel „se aktivuje“ současně při všech podmínkách)
 - globální nulová hypotéza (nejedná se o striktní konjunkci významnosti efektů, ale o konzistenci statistických hodnot)

F-kontrast dvou podmínek



Maska na pozici efekt jiné podm.



Modely s více bázovými funkcemi

- HRF s časovou a disperzní derivací
- Fourierův rozvoj
- FIR model

F-kontrast hrf + časova + disperzní derivace

t-kontrast na efekt základní hrf

efekt časové derivace

Explorace výsledků

V případě složitějších kontrastů (více bázových funkcí, porovnání skupin) je někdy vhodné/nutné detailněji prozkoumat charakter jednotlivých aktivací. Např. pomocí odhadu HRF, porovnání efektů a kontrastu efektů atd.

Typ inference

Voxel-level inference

- p-hodnoty pro každý testovaný voxel
- na nich uplatněna korekce
- požaduje vyšší statistické hodnoty

Cluster level inference

- p-hodnoty pro jednotlivé klastry (shluky voxelů)
- nutno definovat iniciální „řez“ (voxel-level threshold) pro vytvoření klastrů
- mimo velikosti p-hodnot voxelů hraje roli počet voxelů v klastru
- hodí se pro výsledky s rozsáhlejšími aktivacemi
- korekce pro mnohonásobná testování se vztahuje na počet klastrů

Tabulka SPM

Statistics: p-values adjusted for search volume

cluster-level				voxel-level				mm mm mm	
<i>p</i>	<i>z</i>	<i>P</i> _{corrected}	<i>k</i>	<i>P</i> _{corrected}	<i>F</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>P</i> _{corrected}	
0.000	20	0.000	4225	0.000	0.000	8.44	Inf	0.000	-6 -6 6
				0.000	0.000	8.24	Inf	0.000	45 27 -12
				0.000	0.000	8.02	Inf	0.000	0 -18 9
0.000	724	0.000	0.000	0.000	0.000	8.18	Inf	0.000	53 -54 88
				0.000	0.000	7.70	7.20	0.000	17 -40 21
				0.000	0.000	4.69	4.65	0.000	33 -66 60
0.000	774	0.000	0.000	0.000	0.000	7.14	7.04	0.000	-37 -113 105
				0.000	0.000	7.04	6.95	0.000	-14 -45 51
				0.000	0.000	6.70	6.62	0.000	-22 -144 13
0.000	198	0.000	0.000	0.000	0.000	6.48	6.41	0.000	0 -27 34
				0.000	0.000	4.30	4.47	0.000	0 -42 18
0.001	41	0.001	0.000	0.000	0.000	4.21	4.17	0.000	-15 -24 34
				0.003	0.004	2.23	2.22	0.000	0 -14 8
0.015	102	0.002	0.000	0.000	0.000	4.18	4.12	0.000	57 -27 -9
				0.112	0.011	2.31	2.09	0.000	100 -20 88
0.024	90	0.003	0.000	0.000	0.000	3.97	3.92	0.000	-38 63 -13
0.125	53	0.018	0.000	0.000	0.000	3.89	3.79	0.000	-18 63 35
0.015	81	0.005	0.000	0.000	0.000	3.74	3.71	0.000	18 60 39
0.000	224	0.000	0.003	0.000	0.000	4.00	4.27	0.000	0 -49 -15
				0.006	0.000	4.35	4.32	0.000	0 -11 -18

Statistické údaje cluster-level inference

Statistické údaje voxel-level inference

Souřadnice lokálního maxima klastru

Souřadnice dalších lok. max. v klastru

Informace o stupních volnosti, rozlišení, reselection atd.

Half voxel 3 local maxima more than 0.0001 apart
 Height threshold: $T = 2.10, p = 0.001$ ($p = 0.001$ per cc)
 Edges threshold: $k = 7$ voxels, $p = 1.000$ ($p = 0.999$)
 Expected number of clusters: $<N> = 7.42$
 Expected false discovery rate: $\alpha = 0.01$
 Degrees of freedom: $F(0, 924)$
 FWHM: $12 \times 12 \times 12$ mm mm mm, $F(1, 4) \times 2 \times 2$ (voxels)
 Volume: 153705 x 64000 voxels = 9834.4 cc
 Voxel size: $3.0 \times 3.0 \times 3.0$ mm mm mm, (total = 74.33 voxels)
 Page 1
