



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

II. IKERGAZTE

NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2017ko maiatzaren 10, 11 eta 12
Iruñea, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)

ZIENTZIAK ETA NATURA ZIENTZIAK

**Oihartzun denbora eta eremu
magnetiko estatikoaren arabeko
BOLD erantzunaren neurketa
bereizmen handiko irudi bidezko
erresonantzia magnetikoa erabiliz:
In-vivo azterketa bat**

*Irati Markuerkiaga, Jose P Marques,
Lauren J Bains eta David G Norris*

184-189 or.

<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.ii.05.27>

ANTOLATZAILEA:



ELKARLANEAN:



LAGUNTZAILEAK:



Oihartzun denbora eta eremu magnetiko estatikoaren araberako BOLD erantzunaren neurketa bereizmen handiko irudi bidezko erresonantzia magnetikoa erabiliz: *In-vivo* azterketa bat

Markuerkiaga¹, Irati; Marques¹, José Pedro; Bains¹, Lauren Jennifer; Norris^{1,2}, David Gordon
¹*Donders Centre for Cognitive Neuroimaging, Radboud University, Nijmegen, Herbeherak*

²*Erwin L. Hahn Institute for Magnetic Resonance Imaging, 45141 Essen, Alemania*

irati.markuerkiaga@donders.ru.nl

Laburpena

7T-ko eremu magnetiko estatikoa duten erresonantzia magnetikorako eskanerrak erreferentziazko eskanerrak bilakatu dira bereizmen handiko Odolaren Oxigenazio Mailaren araberako irudi bidezko erresonantzia magnetiko funtzionala (siglak ingelesez: BOLD fMRI) neurtzeko. Aktibazio seinalea lortzeko, datuok prozesatzeko erarik ohikoena garun-azalaren sakonera berean dauden voxel-ak (pixel-aren baliokidea 3 dimentsiotako espazioan) intereseko eremu batean zehar integratzea da, honela voxel txikiek berez dakarten seinale eta zarataren arteko ratio kaxkarra hobetuz. Prozesatzeko era honek, baina, berez ratio seinale eta zarataren arteko ratio txarragoa duten eremu magnetiko baxuagoetan behar adinako sentsibilitatea lor daitekeen galdetzera garamatza. Lan honetan, 1.5T, 3T eta 7T -n neurturiko profilak erakusten ditugu bereizmen handiko BOLD fMRI-a eremu magnetiko txikiagoetan posible ote den aztertzeko.

Hitz gakoak: Geruza mailako BOLD fMRI, eremu anitzen arteko konparaketa, fMRI oihartzun anitzekin

Abstract

7T has become the gold standard for measuring high-resolution blood oxygenation dependent functional magnetic resonance images (BOLD fMRI), including layer specific studies. Most of these data analyses are performed by integrating the signal from voxels at a given cortical depth over an extended patch of cortex. Such a framework compensates for the poorer SNR often associated with high resolution and opens the door for using lower field strengths in layer specific fMRI. In this work activation profiles obtained at 1.5T, 3T and 7T are compared to study the feasibility of layer specific fMRI at lower fields.

Keywords: Layer specific BOLD fMRI, multifold comparison, multiecho fMRI

1. Sarrera eta motibazioa

7T-ko eremu magnetiko estatikoa duten erresonantzia magnetikorako eskanerrak erreferentziatzko eskanerrak bilakatu dira bereizmen handiko Odolaren Oxigenazio Mailaren arabeko irudi bidezko erresonantzia magnetiko funtzionala (siglak ingelesez: BOLD fMRI) neurtzeko. Honetarako arrazoi nagusia eremu honetan aktibazio funtzionalarekiko sentsibilitatea eta seinalearen magnitudearen eta zarataren arteko ratioa (ingelesez: SNR) handiagoa direla da.

Bereizmen handiko fMRI ikerketen azpitalde handi bat garun-azaleko geruzen aktibazioa neurtu nahi dutenek osatzen dute, neurketa honek garuneko sare funtzionalak hobeto ulertzea ahalbidetuko bailuke. Geruzetako aktibazio seinalea lortzeko, datuok prozesatzeko erarik ohikoena garun-azalaren sakonera berean dauden voxel-ak intereseko eremu batean zehar integratzea da (Koopmans et al. 2011; Goense et al. 2007). Era honetara bereizmen handiarekin loturiko irudiaren SNR kaxkarragoa - voxelaren bolumenarekiko proportzionala baita- maila batean konpentsa daiteke.

Lan honek erantzun nahi duen galdera ondorengoa da: garun-azalaren zati batean zehar integratzeak dakarren SNR hobekuntza geruza espezifikoko aktibazioa neurtzeko bestekoa da 1.5T eta 3T-ko eremu magnetikoetan? Ikerketa hauek eremu magnetiko baxuagoetan egingarriak diren aztertzea garrantzitsua da mota honetako eskanerrak ugariagoak direlako, orokorrean subjektuentzako atseginagoak direlako eta ez dituztelako eremu ultra altuekin loturiko zailtasun teknikoak.

2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Lan honetan 1.5T, 3T eta 7T eskanerretan lorturiko aktibazio profilak erkatu dira geruza espezifikoen aktibazio funtzionala 1.5T eta 3T eskanerretan neurgarria ote den jakiteko. Hemen azaltzen diren emaitzak ohiko bereizmena erabiliz eginiko ikerketentzat ere esanguratsuak dira, ikerketotan neurturiko BOLD seinalearen zenbat datorren materia grisetik eta zenbat datorren gainazaletik jakiteko, erabilitako oihartzun denbora eta eremu magnetikoaren arabera.

3. Ikerketaren muina

3.1 Irudien lorpena

Neurketez informatu ostean, eta bakoitzak bere baimena eman eta gero, bost pertsona heldu, aurrerantzean subjektu deituak, neurtu dira 1.5T, 3T eta 7T Siemens eskanerretan (Siemens Healthcare, Erlangen, Avanto, Skyra eta Magnetom 7T sistemak, hurrenez hurren).

Erabilitako paradigma funtzionala pantaila gris bat eta 8Hz-eko frekuentziarekin dir-dir egiten duen xake taula zirkular bat izan ziren. Jasotako bolumen erdietan, subjektua pantaila grisari begira zegoen eta beste erdietan xake taulari (OFF-ON-OFF-...).

Irudi funtzionalak lortzeko 0.75 mm isotropikoko voxel tamaina erabili zen hiru eremuetan. Paradigma funtzionalaren iraupena ere berdina izan zen eta irudien erdiespenerako erabilitako parametroak ahal izan zen neurrian baliokideak izan ziren hiru eremuen artean (ikus 1. Taula).

1. taula. 1.5T, 3T eta 7T-an irudiak eskuratzeko sekuentzien parametro esanguratsuenak.

	1.5 T	3T	7T
Functional scan			
Sequence	3D-FLASH	3D-FLASH	3D-FLASH
Voxel size	0.75mm isotropic	0.75mm isotropic	0.75mm isotropic
Slab thickness	12mm	12 mm	16.5mm
BW/pixel	110 Hz	170Hz	240Hz
TE (10 echoes)	TE1/ Δ TE/TE10= 7.3/10.6/102.6ms	TE1/ Δ TE/TE10= 5.9/8.1/79.0ms	TE1/ Δ TE/TE10= 4.8/5.7/56.1ms
TR	115 ms	95 ms	63 ms
Volume TR	160 s	130 s	97 s
Duration of functional paradigm	26 min 41s	26min27s	26 min 23s
Number of volumes	10	12	18
FA	25°	20	20°
Parallel Imaging (in plane)	3	3	4
Anatomical scan	MPRAGE with 0.75mm isotropic voxel size	MPRAGE with 0.75mm isotropic voxel size	MP2RAGE with 0.75mm isotropic voxel size

3.2 Irudien prozesamendua

Irudi funtzionalen aurreprozesamendurako honako pauso hauek eman ziren:

1. Garezurra kendu FSL-BET erabiliz
2. Bolumenen artean emandako mugimendua zuzendu AFNI erabiliz
3. Frekuentzia baxuak iragazi $1/(2 * \text{volTR})$ erabiliz mozketara frekuentzia bezala

Irudi funtzionala eta anatomikoaren arte koregistroa FreeSurfer¹-ek irudi anatomikoa oinarri hartuta materia zuri eta grisaren arteko kontrastea erabiliz sorturiko gainazala erabiliz egin zen, gainazal honen alde bien arteko kontrastea maximo egiten zuen koregistroa kalkulatu.

Aktibazio funtzionalaren mapak FSL-FEAT erabiliz lortu ziren, aurreprozesatutako irudiak 3mm-dun kernel gausiar bat erabiliz espazialki filtratu eta gero.

Garun-azaleko sakonera ezberdinetako seinalea lortzeko FreeSurfer-ek kalkulaturiko materia gris eta zuriaren arteko gainazala 15 aldiz garun-azalaren lodieraren % 10 puztu edo gutxitu zen (Polimeni et al. 2010) (2 gainazal materia zurian, 11 gainazalean materia grisean, 2 gainazal pial gainazalean).

3.3 Analisia

Aktibazio funtzionala erakutsi zuten eremuetan, sakonera jakin batean zeuden voxelak elkarrekin batu ziren oihartzun denbora eta bolumen bakoitzeko. Era honetara, estimulu gabeko (pantaila grisa) eta estimuludun (xake taula) bolumenen arteko balioen kenketa eginez

¹ FreeSurfer gizakien garunak prozesatzeko eta analizatzeko lizentzia libre-ko SW bat da.
<http://www.freesurfer.net/>

aktibazioak induzitutako seinale aldaketa, ΔS , eta seinale aldaketa atsedean egoerako seinalearekin normalizatua, $\Delta S/S$, kalkulatu ziren.

Profil kopuru desberdinak batu eta denboran zeharreko debiazio estandarra kalkulatu, zarata fisiologikoa, zarata termikoari gailendu eta seinalearen zarata nagusia bihurtzeko integratu beharreko garun-azaleko gutxieneko azalera kalkulatu zen (Weisskoff 1996).

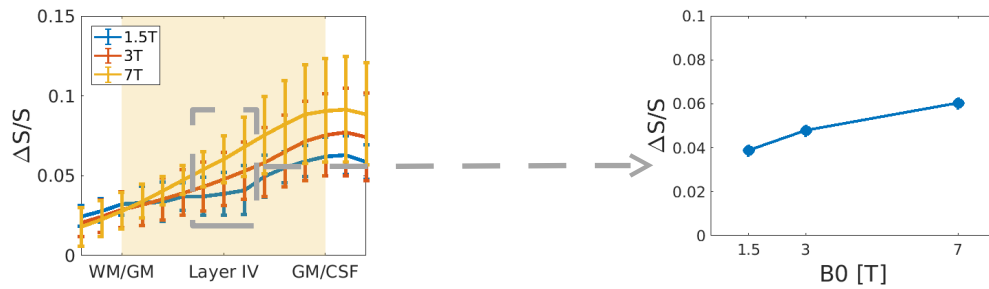
3.4 Emaitzak

$\Delta S/S$ profilak, batez ere oihartzun denbora $T2^*$ -en antzekoa denean (hau da, $T2^* \approx 70\text{ms}$, 54ms eta 27ms 1.5T , 3T eta 7T -ko eremu magnetikoetan, hurrenez hurren), oso antzekoak dira (1. Irudia, goiko errenkada ezkerrean). Gainera, oihartzun denbora hauetarako, materia grisean $\Delta S/S$ -ren magnitudea ere antzekoa da. (1. Irudia, goiko errenkada eskuinean)

1. Irudiko beheko errenkadak, aktibatutako eremu osoan integratuz gero, lortutako seinalean nagusi den zaratak jatorri fisiologikoa duela erakusten du, ia kurba guztiak asintota horizontal batera hurbiltzen baitira azalera guztian zehar integratzen bukatu baino askoz lehenago. Hiru eremu magnetikoek erakusten dute joera berdina, nahiz eta 1.5T -an integratu beharreko azalera zerbait handiagoa izan.

2. Irudiari erreparatuz, garun-azalaren kanpoko gainazalak ("WM/CSF" dioen mugan) aktibazio funtzionalaren ondorengo seinale aldaketari, ΔS -ri, eginiko ekarpen erlatiboa, handiagoa da oihartzun denbora garun-azaleko $T2^*$ denbora baino laburragoa denean, 3T eta 7T -n.

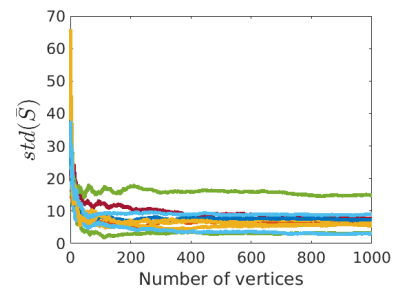
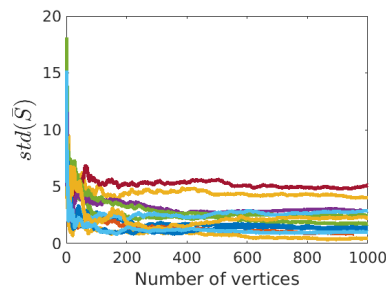
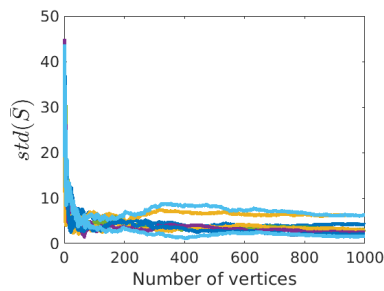
1. Irudia: Goiko errenkada: (ezkerrean) $\Delta S/S$ profilen subjektuen arteko batzbestekoa \pm debiazioa estandarra, $TE=T2^*_{GM}$ den kasurako; (eskuinean) $\Delta S/S$ magnitudea garun-azalaren erdialdean eremu magnetikoaren menpe adierazita. Beheko errenkada: ikusmenaren garun-azaleko batzbesteko seinalearen debiazio estandarra denboran zehar, aztertutako 3 eremu magnetikoetan, $TE=T2^*_{GM}$ oihartzun denborarekin, garun-azalaren erdian.



1.5T

3T

7T

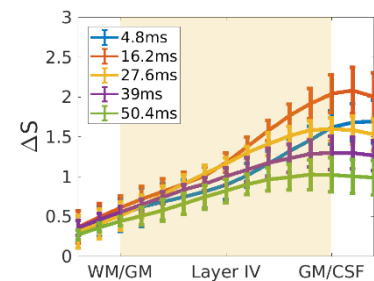
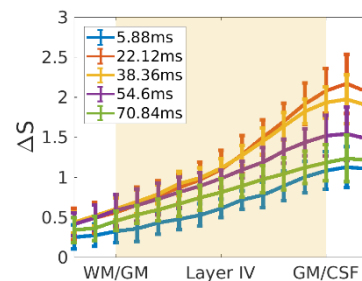
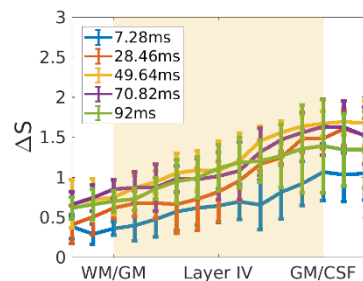


2. Irudia: ΔS profilen subjektuen arteko batzbestekoa \pm std (10etik 5 oihartzun irudikatuak, grafikoan ulergarritasunaren mesedetan).

1.5T

3T

7T



4. Ondorioak

BOLD fMRI profilek garun-azalean zehar, $\Delta S/S$, antzeko ezaugarriak dituzte eremu magnetiko ezberdinetan (1. Irudiko goiko errenkada). Gainera, $\Delta S/S$ -ren magnitudea garun-azalaren erdialdean (zain handien ekarpen mugatua duen gunea) antzekoa da eremu magnetiko desberdinetan, Uludağ et al. 2009-k simulazio bidez auresan bezala zarata fisiologikoa nagusi den kasuetarako.

Izan ere, 1. Irudiko beheko errenkadak erakusten du, aktibatutako eremuan zehar integratuz gero, hiru eremuetan zarata fisiologikoa nagusi den erregimena lor daitekeela. Horretarako beharrezko gutxieneko azalera txikiagoa da eremu magnetiko handitu ahala (hau da, profil kopuru txikiagoa integratuz lortzen da asintota horizontalera hurbiltzea). Beraz, erdiets daitekeen erresoluzio funtzionala handiagoa da eremu magnetikoa handitu ahala, baina aurreko paragrafoan azaldu bezala, 1.5T eta 3T-ko eremu magnetikoetan lorturiko profilak 7T-an lorturikoekin alderagarriak dira.

Seinale aldaketa totalari garun-azalaren gainazaletik egindako ekarpen erlatiboa handiagoa da oihartzun denbora, ingelesezko siglekin TE, materia grisaren T2*-a baino txikiagoa den kasuetarako (2. Irudia), bai 3T-an eta bai 7T-an. Eremu hauetan zainen T2* denbora, material grisaren T2* denbora baino laburragoa baita. Hau kontuan hartu beharko litzateke bereizmen txikiagoko fMRI azterketak egitean (adibidez: 3mm-ko voxel-a eta TE=30 ms erabiliz 3T-n), voxel-eko seinaleak garun-azalen gaineko, eta beraz, neuronen aktibazio puntutik urruti kokaturiko gunek bateko, ekarpen erlatibo handiagoa izango bailuke.

5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Etorkizunean ikerketa kognitiboetan ohikoak diren baldintzetan balioztatu beharko dira lortutako profilak, hala nola, irudia eskuratzeko denbora laburragoa behar izanez eta kognitiboki interes handiagoa duten estimuluak erabiliz, aktibazioarekiko sentsibilitatea baldintza horietan neurtzeko.

6. Erreferentziak

Goense, J.B.M., Zappe, A.-C. & Logothetis, N.K., 2007. High-resolution fMRI of macaque V1. *Magnetic resonance imaging*, 25(6), pp.740–7.

Koopmans, P.J. et al., 2011. Multi-echo fMRI of the cortical laminae in humans at 7 T. *NeuroImage*, 56(3), pp.1276–85.

Polimeni, J.R. et al., 2010. Laminar analysis of 7T BOLD using an imposed spatial activation pattern in human V1. *NeuroImage*, 52(4), pp.1334–46.

Uludağ, K., Müller-Bierl, B. & Uğurbil, K., 2009. An integrative model for neuronal activity-induced signal changes for gradient and spin echo functional imaging. *NeuroImage*, 48(1), pp.150–65.

Weisskoff, R.M., 1996. Simple measurement of scanner stability for functional NMR imaging of activation in the brain. *Magnetic resonance in medicine : official journal of the Society of Magnetic Resonance in Medicine / Society of Magnetic Resonance in Medicine*, 36(4), pp.643–5.

7. Eskerrak eta oharrak

Lan hau Europar Batasunaren FP7 Marie Curie Programaren barneko HiMR Initial Training Network-ak (ITN) finantzatua izan da (FP7-PEOPLE-2012-ITN-316716).

Artikulu honen bertsio bat International Society of Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM)-en 2017-ko kongresura bidalia izan da.