

**Correlats neuroanatòmics i diferències de gènere en
l'empatia cognitiva i afectiva en una mostra de joves sans**

Arnau Puig Davi

Treball Final de Grau
Grau en Psicologia, 4rt curs
Tutora: Olga Bruna Rabassa
Curs: 2017-2018

Agraïments

Voldria agrair al grup de recerca en Neuropsicologia de la Unitat de Psicologia Mèdica del Departament de Medicina (UB) la possibilitat de realitzar aquest treball de final de grau en el seu equip. Sobretot a la Dra. Carme Junqué, com a cap del grup de recerca, per donar-me l'oportunitat de realitzar aquest treball amb ells i per les revisions que ha pogut fer i que han sigut de gran utilitat. També a la Dra. Bàrbara Segura, que ha ajudat a que tot aquest treball pogués tirar endavant sense entrebancs. A més, i de manera molt especial, voldria agrair el paper altament rellevant que ha tingut la Carme Uribe durant tot el procés de realització d'aquest treball de final de grau, ja que sense les seves orientacions i seguiment continu, aquest no hagués estat una realitat. A part de supervisar el progrés del treball constantment, la Carme Uribe va aplicar totes les proves als subjectes de la mostra, va fer la base de dades inicial per poder començar a treballar, va fer els càlculs que requerien el test exacte de Fisher del paquet estadístic R Studio i va realitzar i em va ensenyar a fer els anàlisis de gruix cortical amb el *FreeSurfer*.

Aquest treball de final de grau, m'ha permès entrar en el món de la neuropsicologia i sobretot de la neurociència des de l'àmbit de la recerca. Una oportunitat que he pogut aprofitar durant tot el curs i que ha contribuït de manera molt significativa en la meva formació.

Finalment, vull agrair per la part de la facultat a la Dra. Olga Bruna per haver facilitat el conveni sense el qual no hagués estat possible la realització del treball amb una altra institució i per les seves aportacions i continu seguiment al llarg del curs que m'han ajudat a polir els aspectes més tècnics i de format.

Resum

Introducció: L'estudi de l'empatia des de la neurociència i la neuroimatge funcional ha suggerit l'existència de dos circuits diferents: el de l'empatia afectiva i el de l'empatia cognitiva. Ara bé, els correlats neuroanatòmics de l'empatia no són ben coneguts ni hi ha un consens en la literatura en si existeixen diferències de gènere. L'actual treball pretén explorar les diferències de gènere en les diferents escales d'un test d'empatia validat en població espanyola i investigar les diferències neuroanatòmiques entre persones amb alta i baixa empatia.

Mètodes: Es varen analitzar imatges per ressonància magnètica potenciades en T1 adquirides amb un aparell de 3-tesla i el Test d'Empatia Cognitiva i Afectiva (TECA) en una mostra de 42 adults sans (22 dones i 20 homes) emparellats per edat, anys d'educació, nivell educatiu, ocupació i estimació de quocient d'intel·ligència. Es va utilitzar un model lineal general amb les dades de gruix cortical per fer comparacions entre grups d'empatia Alta (A) i Mitjana-Baixa (MB). Es van realitzar també correlacions i comparacions grupals amb les parcel·lacions corticals i segmentacions subcorticals.

Resultats: En 4 de les 5 escales del test d'empatia es van trobar diferències de gènere. No obstant, no hi havia diferències entre la proporció d'homes i dones entre els grups d'empatia A o MB. En l'escala d'Adopció de Perspectives, el grup d'empatia A tenia un major gruix cortical respecte al de MB en el còrtex prefrontal, el lòbul parietal inferior i en regions occipitals. Les puntuacions en les escales d'empatia cognitiva van correlacionar amb regions frontals i temporals. No es van trobar correlacions ni diferències significatives en cap estructura subcortical excepte en el tàlem dret que tenia major volum en el grup d'empatia A en l'escala d'Estrès Empàtic.

Conclusions: El còrtex orbitofrontal i el cingulat són estructures relacionades amb l'empatia cognitiva. El processament empàtic no és diferent entre homes i dones.

Paraules clau: Empatia cognitiva; Empatia afectiva; Gruix cortical; Imatge per ressonància magnètica, Adults sans

Abstract

Background: From a neuroscientific and functional neuroimaging approach, the study of empathy has suggested the existence of two different networks in the empathy construct: the affective empathy and the cognitive empathy. However, neuroanatomic correlates of empathy are not entirely known and there's no consensus in literature about the existence of gender differences. Current work, aims to explore gender differences in a Spanish validated empathy test scales and to investigate neuroanatomic differences between high empathy and low empathy subjects.

Methods: T1-weighted 3-tesla MRI and the Affective Empathy and Cognitive Test (TECA) were analysed in a sample of 42 healthy adults (22 women and 20 men) matched by age, years of education, level of education, occupation and intelligence quotient estimation. A general linear model with cortical thickness data was used to compare the High empathy group (H) and the Medium-Low group (ML). Group comparisons and correlations were also assessed with cortical parcellations and subcortical segmentations.

Results: Gender differences were found in 4 out of 5 empathy test scales. However, there were no significant differences between the proportion of men and women in the empathy groups H or ML. In the Perspective Taking scale, the H empathy group showed increased cortical thickness related to the ML empathy group in the prefrontal cortex, the inferior parietal lobule and in occipital regions. Scores from cognitive empathy scales correlated with frontal and temporal regions. No correlations or significant differences were found in any subcortical structure except for the right thalamus that had an increased volume in the H empathy group in the Empathic Stress scale.

Conclusions: The orbitofrontal and cingulate cortices are brain structures related to cognitive empathy. Gender was not a key variable in the empathic response.

Keywords: Cognitive empathy; Affective empathy; Cortical thickness; Magnetic resonance imaging; Healthy adults

Abreviacions

AdopPersp: Adopció de Perspectives

CompEmoc: Comprensió Emocional

EstrèsEmp: Estrès Empàtic

AlegEmp: Alegria Empàtica

MB: grup d'empatia Mitjana-Baixa

A: grup d'empatia Alta

TdM: Teoria de la Ment

SNM: Sistema de Neurones Mirall

RMf: Ressonància magnètica funcional

RMe: Ressonància magnètica estructural

IA: Ínsula anterior

CCA: Còrtex cingulat anterior

CCM: Còrtex cingulat mig

CFI: Circumvolució frontal inferior

LPI: Lòbul parietal inferior

STS: Solc temporal superior

UTP: Unió temporoparietal

CPF: Còrtex prefrontal

CPFdm: Còrtex prefrontal dorsomedial

CPFvm: Còrtex prefrontal ventromedial

Introducció

El constructe d'empatia és molt complex i fins ara no hi ha una definició internacionalment acceptada. No obstant, podríem definir l'empatia com la capacitat de comprendre i vivenciar els pensaments i sentiments dels altres, així com de respondre-hi de manera adequada. Les experiències pròpies són bàsiques per al correcte desenvolupament d'aquesta capacitat de comprensió; mentre que l'aspecte vivencial de l'empatia, és una resposta més o menys automàtica a les expressions facials i als moviments corporals (Baron-Cohen, 2012; Dvash & Shamay-Tsoory, 2014; García García, Gonzáles Marqués, & Maestú Unturbe, 2011).

Segons la revisió de Walter (2012), existeix un notable consens en la literatura sobre la divisió entre dues formes d'empatia: l'empatia cognitiva i l'empatia afectiva. L'empatia cognitiva es refereix a la capacitat d'entendre el punt de vista d'una altra persona "posant-se en el seu lloc" i d'entendre els seus sentiments, sense que això impliqui estar en aquest mateix estat afectiu (Dvash & Shamay-Tsoory, 2014). Aquesta capacitat d'entendre l'estat mental de l'altre, està molt relacionat amb la teoria de la ment (TdM) o el que seria el mateix, mentalitzar. En aquest sentit, el fet de mentalitzar sobre estats cognitius se l'anomena TdM cognitiva i el que es refereix a mentalitzar sobre sentiments o estats afectius dels altres s'anomena TdM afectiva (Walter, 2012).

Pel que fa a l'empatia afectiva, es pot definir com un estat afectiu similar a l'estat afectiu percebut, imaginat o inferit d'una altra persona. Quan s'observa un estat afectiu en una altra persona, hi ha una tendència a la implicació de regions cerebrals similars que quan les experiències són viscudes en primera persona (Walter, 2012; Zaki & Ochsner, 2012). El conjunt de neurones implicades tant en la realització com en l'observació d'intencions motores, experiències sensorials i en d'altres experiències visceralment com el dolor o el fàstic s'anomena sistema de neurones mirall (SNM) (Cattaneo & Rizzolatti, 2009; García García et al., 2011). Durant els primers anys de vida, l'activitat del SNM seria un biomarcador de les competències socials (Pfeifer, Iacoboni, Mazziotta, & Dapretto, 2008). Per tant, mentre el nen no té una TdM desenvolupada (4-5 anys), hi ha una predominança del que Walter (2012) anomena *camí curt cap a l'empatia*, una resposta més o menys automàtica provinent d'una resposta innata bàsica del SNM (empatia afectiva). Aquest camí curt es segueix mantenint al llarg de la vida, però queda reservat a respostes emocionals davant estats afectius bàsics. Altrament, es troba també el *camí llarg cap a l'empatia*, en el qual el procés empàtic comença per un processament més cognitiu (TdM cognitiva i TdM afectiva) basat en la informació del context, que acabarà portant, probablement, a una situació d'empatia afectiva gràcies al SNM que facilita l'accés a la ment de l'altre.

Tant l'empatia cognitiva com l'afectiva, són sistemes que no són mútuament excloents i tot i predominar un sistema o altre depenent de les demandes contextuals, acostumen a donar-se simultàniament en situacions de la vida real. En primer lloc, els sistemes neurals van emmagatzemant informació sobre els estats d'ànim propis, ja que sense aquesta primera experiència directa, no se'n podria construir una explicació cognitiva i en segon lloc, aquesta explicació cognitiva és la que permet entendre el que senten els altres, sense necessitat de vivenciar-ho. Així doncs, l'activació del SNM juga un paper essencial en el desenvolupament de l'empatia, perquè permet experimentar el que sent l'altre i a la vegada, acumular aquestes experiències a nivell cognitiu, cosa que posteriorment serà útil per mentalitzar i entendre els continguts mentals i emocionals dels altres (Decety, 2010; Dvash & Shamay-Tsoory, 2014; García García, Gonzáles Marqués, & Maestú Unturbe, 2011; Pfeifer et al., 2008; Walter, 2012; Zaki & Ochsner, 2012).

Els estudis previs de ressonància magnètica funcional (RMf) han identificat circuits cerebrals diferents per a l'empatia afectiva i la cognitiva. Les regions relacionades amb l'empatia afectiva que consistentment s'han trobat en la majoria d'estudis són: l'ínsula anterior (IA) (Lamm, Batson, & Decety, 2007; Singer et al., 2004), el còrtex cingulat anterior (CCA) (Lamm et al., 2007; Singer et al., 2004), la circumvolució frontal inferior (CFI) (Jabbi & Keysers, 2008), el còrtex premotor (Braadbaart, de Grauw, Perrett, Waiter, & Williams, 2014; Rizzolatti, Ferrari, Rozzi, & Fogassi, 2006), el lòbul parietal inferior (LPI) (Rizzolatti et al., 2006) i el solc temporal superior (STS) (Zaki & Ochsner, 2012), (per revisió veure Bernhardt & Singer, 2012; Christov-moore et al., 2016).

Les regions relacionades amb l'empatia cognitiva són: regions del còrtex prefrontal (CPF) com el còrtex prefrontal dorsomedial (CPF_{dm}) (Spunt & Lieberman, 2012) i el còrtex prefrontal ventromedial (CPF_{vm}) (Spunt & Lieberman, 2012; Wolf, Dziobek, & Heekeren, 2010), el STS (Krämer, Mohammadi, Doñamayor, Samii, & Münte, 2010), l'unió temporoparietal (UTP) (Saxe, Moran, Scholz, & Gabrieli, 2006), els pols temporals (Spunt & Lieberman, 2012) i el precuneus (Saxe et al., 2006) (per a una síntesi de les troballes consultar metaanàlisis Lamm, Decety, & Singer, 2011; Van Overwalle & Baetens, 2009).

El sistema límbic, subcortical i cortical, jugaria un rol important en l'empatia. Els estudis d'IRM estructural relacionen mesures d'empatia afectiva amb l'amígdala esquerra (Goerlich-Dobre, Lamm, Pripfl, Habel, & Votinov, 2015), mentre que a nivell funcional s'han descrit activacions en l'amígdala i el còrtex cingulat (Marsh et al., 2014). Les connexions amígdalo-neocorticals regularien el processament emocional-cognitiu de l'empatia mitjançant el circuit

CPFvm-amígdala. Circuit que es veu alterat en certs trastorns en resposta a estímuls emocionals (Stevens et al., 2013).

Avançant en el tema, des d'un punt de vista cultural, hom pot preguntar-se si existeixen diferències de gènere en el grau d'empatia. No obstant, en l'àmbit científic la utilització de metodologies diferents per quantificar el constructe ha donat lloc a resultats controvertits. En mesures d'autoinforme, les dones tendeixen a obtenir puntuacions significativament més altes que els homes. Així s'observa en l'Índex de Reactivitat Interpersonal de Davis (1980), un dels qüestionaris més utilitzats com a mesura de l'empatia i on les dones es puntuen més altes en totes les escales en comparació als homes (Baez et al., 2017; Hawk et al., 2013; O'Brien, Konrath, Grühn, & Hagen, 2013; Pérez-albéniz, Paúl, Etxeberria, Paz, & Torres, 2003). En general, aquests resultats es poden explicar per la tendència a respondre als qüestionaris d'autoinforme en base a l'estereotip de gènere i les expectatives socials que es tenen de cada sexe. Així doncs, hi hauria una tendència de les dones a puntuar-se com a més empàtiques que els homes en relació a situacions simulades amb contingut afectiu (Eisenberg & Lennon, 1983; Ickes, Gesn, Grahamc, & Corp, 2000).

En estudis de RMf relacionats amb el SNM, s'ha trobat una major activació del CFI en dones que en homes quan se'ls demanava de centrar-se en els seus propis sentiments mentre veien expressions facials mostrant emocions i també, quan havien de dir quina emoció creien que sentien les cares de les persones que se'ls mostrava (Schulte-Rüther, Markowitsch, Shah, Fink, & Piefke, 2008). En un estudi de Singer et al. (2006) de RMf no relacionat amb el SNM, es va concloure que els homes són més sensibles al context en relació a les respostes cerebrals relacionades amb l'empatia, ja que tant homes com dones mostraven una activació similar dels sistemes neurals del dolor mentre observaven com infligien dolor a un jugador cooperatiu, però els homes presentaven una activació més reduïda si a la persona que se li infligia dolor era un jugador no cooperatiu. Ara bé, s'ha de tenir precaució amb aquests resultats, perquè tal i com es conclou en el metaanàlisi de Lamm et al. (2011), hi ha una inconsistència en la troballa de diferències de gènere en els estudis analitzats.

Els estudis clàssics de ressonància magnètica estructural (RMe) també han trobat diferències de gènere en el volum de substància grisa en anàlisis de morfometria vòxel a vòxel (Good et al., 2001; Luders et al., 2004). Emprant aquesta tècnica, s'ha descrit un major volum de substància grisa en les dones comparat amb els homes en regions del SNM com la pars opercularis i el LPI (Cheng et al., 2009) i en regions relacionades amb el cervell social com en el frontal inferior bilateral o el còrtex prefrontal medial (Yamasue et al., 2008). Aquests resultats no són concloents, perquè la mostra utilitzada en aquests dos estudis ha sigut xinesa i

japonesa, i s'ha de tenir en compte que les diferències ètniques poden influir en la morfologia cerebral (Zilles, Kawashima, Dabringhaus, Fukuda, & Schormann, 2001). A més, els resultats no són consistents amb altres estudis fets sobre poblacions amb característiques similars (Takeuchi et al., 2014). Com es menciona a l'inici del present treball, l'empatia és un constructe que no disposa d'una única definició i té un alt grau de solapament amb el SNM, la TdM i el concepte de cognició social, fet que també explicaria la gran quantitat d'estudis amb resultats divergents i la necessitat de revisions i meta-anàlisis per concretar l'*state of the art*.

La manca d'investigacions respecte a l'estructura cerebral i l'empatia fa que sigui encara un camp per explorar. Només unes poques investigacions han realitzat estudis relacionant mesures d'empatia amb volum cortical en població adulta sana (Banissy, Kanai, Walsh, & Rees, 2012; Eres, Decety, Louis, & Molenberghs, 2015), però bona part d'ells han emprat una aproximació de regions d'interès predefinides enlloc d'estudis de tot el volum cerebral vòxel a vòxel.

En el present estudi, hem emprat una tècnica més recent, la de l'anàlisi del gruix cortical vèrtex a vèrtex enlloc de basada en volums. Un estudi de Valk et al. (2016), també havia aplicat aquesta metodologia en població sana, però el paradigma utilitzat per aconseguir una mesura d'empatia era molt diferent al del present estudi i els objectius del mateix estaven centrats en investigar les correlacions entre la mesura d'empatia i gruix cortical i en analitzar si les mesures d'empatia cognitiva i d'empatia afectiva covariaven amb el gruix cortical interregional de les regions relacionades amb els seus corresponent circuits i no amb les de l'altre. Fins a la data, no som coneixedors de cap altre estudi que cerqui les diferències entre nivell d'empatia i gruix cortical sense regions d'interès definides a priori en població adulta sana.

Els objectius del present estudi van ser: (i) estudiar les diferències de gènere en puntuació d'empatia emprant el *Test de Empatía Cognitiva y Afectiva* (TECA) (López-Pérez, Fernández-Pinto, & Abad García, 2008) i establir grups segons el nivell d'empatia, (ii) investigar les diferències de gruix cortical i volum subcortical a nivell d'estructures límbiques, entre els subjectes empàtics i no empàtics en les diferents escales del TECA, (iii) correlacionar les puntuacions de les escales del TECA amb les mitjanes de gruix cortical i volum subcortical.

Les hipòtesis van ser: (i) hi haurà diferències de gènere significatives en el TECA i les dones tindran puntuacions superiors als homes, (ii) el grup dels subjectes empàtics tindran un gruix cortical i volum subcortical major que els no empàtics en regions del sistema límbic i paralímbic, (iii) com més puntuació s'obtingui en el TECA, major serà el gruix cortical i volum subcortical de les regions relacionades amb l'empatia.

Mètode

Participants

A l'estudi es van incloure 56 voluntaris que previ anunci en diversos Centres d'Atenció Primària i en el Grau d'Infermeria de la Facultat de Medicina i Ciències de la Salut del Campus Clínic de la Universitat de Barcelona, van facilitar les seves dades de contacte. El criteri d'inclusió era: (i) tenir entre 18 i 35 anys. Els criteris d'exclusió eren: (i) no tenir antecedents psiquiàtrics ni neurològics, (ii) un baix quocient d'intel·ligència estimat (puntuació escalar ≤ 7) amb la prova de Vocabulari de la 4a edició de l'Escala d'Intel·ligència de Wechsler per a Adults (WAIS IV) (Wechsler, 2008), (iii) no tenir incompatibilitats amb la màquina d'imatge per ressonància magnètica (IRM), (iv) no tenir antecedents d'un consum persistent de substàncies addictives, excepte l'alcohol i el tabac, (v) no prendre medicació psicoactiva.

Finalment, van ser seleccionats 42 voluntaris, dels quals 20 eren nois i 22 eren noies. 14 persones es van excloure de l'estudi: 1 noi per consum de tetrahidrocannabinol (THC) periòdic, 1 noi i 2 noies prenen medicació psicoactiva, 2 nois i 3 noies no es van presentar a les proves/van anul·lar cita, 1 noi i 3 noies tenien antecedents neurològics o psiquiàtrics i 1 noia tenia una incompatibilitat amb IRM (pròtesis dentals).

Aquest estudi va ser aprovat pel comitè d'ètica de l'Hospital Clínic. Tots els participants del present van ser reclutats com a grup control d'un estudi subvencionat pel Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO, PSI2014-58004), adreçat a l'estudi de la disfòria de gènere. Tots els participants van firmar un consentiment informat després de ser informats dels procediments de l'estudi i haver aclarit tots els dubtes.

Instruments

L'entrevista estructurada MINI (*International Neuropsychiatric Interview*) (Sheehan et al., 1998) es va administrar per descartar possible patologia psiquiàtrica i dependència o abús d'alcohol o d'altres substàncies en l'últim any, segons els criteris del DSM-IV.

Com a mesura de l'empatia es va administrar el Test d'Empatia Cognitiva i Afectiva (TECA) (López-Pérez et al., 2008). Es tracta d'un qüestionari d'autoinforme de mesura global de l'empatia format per 33 ítems en escala tipus Likert de 5 punts, en els quals el subjecte ha de valorar en quin grau s'identifica amb les frases que se li presenten, sent així 1 totalment en desacord i 5 totalment d'acord. Està format per una escala global d'empatia calculat amb el total dels 33 ítems i 4 escales específiques englobades en empatia cognitiva i empatia afectiva. Pel que fa a l'empatia cognitiva, les dues escales que la conformen són l'Adopció de Perspectives (*AdopPersp*) la qual fa referència a la capacitat intel·lectual o imaginativa de

posar-se en el lloc de l'altre i la Comprensió Emocional (*CompEmoc*) que és la capacitat de comprendre i reconèixer els estats emocionals, les intencions i impressions dels altres a nivell cognitiu. Quant a l'empatia afectiva, hi trobem l'Estrès empàtic (*EstrèsEmp*) que és la capacitat de sintonitzar emocionalment amb les emocions negatives d'una altra persona i l'Alegria Empàtica (*AlegEmp*) que fa referència a la vessant positiva de l'anterior escala, ja que es refereix a compartir les emocions positives de l'altra persona. Una vegada les puntuacions van estar transformades i agrupades en els 5 possibles grups segons el valor T obtingut (extremadament baixa, baixa, mitjana, alta i extremadament alta), per tal d'homogeneïtzar el nombre de subjectes en cada grup, es van ajuntar els valors corresponents a les puntuacions extremadament baixes, baixes i mitjanes ($T \leq 55$) en el grup d'empatia "Mitjana-Baixa" (MB), i les puntuacions altes i molt altes ($T \geq 56$) en el grup d'empatia "Alta" (A) (veure Taula 2).

Adquisició d'imatges

Les imatges de ressonància magnètica es van obtenir mitjançant un escàner 3-Tesla (MAGNETOM Trio, Siemens, Alemanya). El protocol d'adquisició incloïa imatges en pla sagital tridimensionals potenciades en T1 (temps de repetició [TR]: 2300ms, temps d'eco [TE]: 2,98ms, temps d'inversió [TI]: 900ms, 240 talls, camp de visió [FOV]: 256 mm; mida de la matriu = 256 x 256; vòxel isotròpic d'1 mm).

Preprocessament i estimació de superfícies per a l'anàlisi de gruix cortical

El gruix cortical es va estimar mitjançant el software *FreeSurfer* (versió 6.0; disponible a: <http://surfer.nmr.mgh.harvard.edu>). El procediment realitzat pel software va incloure l'eliminació de dades no cerebrals, la normalització de la intensitat (Fischl, Liu, & Dale, 2001), la tessellació del límit de la substància grisa/substància blanca (SG/SB), la correcció de la topologia (Dale, Fischl, & Sereno, 1999; Segonne, Pacheco, & Fischl, 2007) i una deformació superficial precisa per identificar les vores dels teixits (SG/SB i SG/Líquid Cefaloraquídi) (Dale & Sereno, 1993; Fischl et al., 2002). El gruix cortical és calculat com la distància entre les superfícies de substància blanca i substància grisa en cada vèrtex del mantell cortical reconstruït (Fischl et al., 2002). En el nostre estudi, els resultats obtinguts de cada subjecte van ser inspeccionats visualment per tal d'assegurar la precisió dels registres, l'eliminació del crani (*skull-stripping*), la segmentació i la reconstrucció de la superfície cortical. Els mapes de gruix cortical van ser suavitzats utilitzant un *kernel* Gaussià circular i simètric a través de la superfície amb un *Full Width at Half Maximum* de 15mm. Es van normalitzar les dades de cada subjecte dins l'espai estereotàxic del *Montreal Neurological Institute* (MNI). Els algorismes de

normalització corregeixen les diferències entre subjectes deformant cada cervell fins a eliminar les diferències de forma i mida global, cosa que permet la posterior comparació entre ells.

Volums i parcel·lacions

Es van extreure els volums de les estructures subcorticals corresponents al sistema límbic (amígdala, hipocamp i tàlem) mitjançant les segmentacions automàtiques que realitza el FreeSurfer en el preprocés (per consultar les 37 segmentacions: <http://freesurfer.net/fswiki/SubcorticalSegmentation>). Aquest mètode automatitzat, assigna una etiqueta neuroanatòmica diferent per a cada vòxel, depenent de la seva situació anatòmica en la ressonància T1. (Fischl et al., 2002).

Com a mesura global, es va calcular la mitjana del gruix cortical global bilateral mitjançant la següent fórmula: $((lh.thickness*lh.surfacearea) + (rh.thickness*rh.surfacearea)) / (lh.surfacearea + rh.surfacearea)$.

Previ a les anàlisis de gruix cortical amb el model lineal general vèrtex a vèrtex, es van extreure les mitjanes de gruix cortical de les parcel·lacions mitjançant l'atles de Desikan-Killiany, un sistema automatitzat d'etiquetatge basat en els girs del còrtex que divideix l'escorça cerebral en 34 regions d'interès per a cada hemisferi (Desikan et al., 2006).

Anàlisi estadística

L'anàlisi estadística de les dades sociodemogràfiques, les dades d'autoinforme, les mitjanes de gruix cortical de les parcel·lacions i les mitjanes de volum de les segmentacions va ser calculat mitjançant el paquet estadístic d'IBM SPSS versió 24.0 (2016; Armonk, NY: IBM Corp). Es van utilitzar els estadístics t d'Student o U Mann-Whitney per calcular les diferències grupals entre homes i dones en les dades sociodemogràfiques i les diferències entre grups d'empatia de les mitjanes de gruix cortical de les parcel·lacions. La utilització de l'estadístic venia determinat en funció de la presumpció de normalitat de les variables segons la prova de normalitat de Shapiro-Wilk. Per la comparació entre nivells d'educació, l'ocupació i per la distribució de mostra entre els dos nivells d'empatia es va utilitzar el test exacte de Fisher del paquet estadístic R Studio versió 1.1.419 (R Studio team, Boston, MA. 2016; www.rstudio.com).

Les comparacions grupals es van realitzar utilitzant un model lineal general vèrtex a vèrtex. En el model es va incloure el gruix cortical com a variable dependent i el grup de nivell d'empatia (Mitjana-Baixa, Alta) com a variable independent. Tots els resultats van ser corregits per comparacions múltiples utilitzant la simulació de Monte Carlo amb 10.000 iteracions. Totes

les regions corticals reportades van assolir un nivell de significació bilateral corregida de $p < 0,05$.

També es van fer comparacions entre grups d'empatia per la mitjana de les mesures volumètriques subcorticals mitjançant l'estadístic ANOVA multivariant amb el volum intracranial (VIC) com a covariable.

Per últim, es van correlacionar les puntuacions del TECA amb les parcel·lacions de gruix cortical mitjançant la correlació parcial de Pearson, controlant per la variable gènere i amb les mesures volumètriques subcorticals controlant per la variable VIC. Només es reporten les parcel·lacions que van assolir una significació de $p < 0,05$.

Resultats

Dades sociodemogràfiques i d'empatia

La Taula 1 mostra les dades sociodemogràfiques i les corresponents comparacions grupals. Les dones van mostrar unes puntuacions significativament superiors als homes en l'escala total del TECA ($t(40) = 4,64$; $p < 0,001$), en l'escala de comprensió emocional del TECA ($t(40) = 2,44$; $p = 0,019$), en l'escala d'estrès empàtic del TECA ($t(40) = 4,49$; $p < 0,001$) i en l'escala d'alegria empàtica del TECA (U estandarditzada = $-2,86$; $p = 0,004$). No hi havia diferències significatives entre homes i dones respecte a l'edat, els anys d'educació, el nivell d'educació, l'ocupació, la prova de Vocabulari i l'escala d'adopció de perspectives del TECA.

Agrupacions segons les puntuacions del TECA

En la Taula 2 es mostren les freqüències i els percentatges de cada grup d'empatia segons les puntuacions obtingudes en cada escala del TECA respecte a la totalitat de la mostra, respecte als homes i respecte a les dones. En les escales Total, Adopció de perspectives, Comprensió emocional i Alegria empàtica els homes mostraven una distribució de la mostra aproximada del 50% per a cada grup i les dones una distribució aproximada del 70% per als grups d'empatia Alta (A) i del 30% pels de Mitjana-Baixa (MB). En l'escala d'Estrès empàtic, els homes estaven distribuïts aproximadament en un 80% en el grup mig-baix *EstrèsEmp* i 20% en el d'alt *EstrèsEmp* i les dones aproximadament 60% mig-baix *EstrèsEmp* i 40% alt *EstrèsEmp*. En la distribució total de la mostra, la distribució era aproximadament d'un 40% pel grup d'empatia MB i d'un 60% pel grup A en les escales Total, *AdopPersp* i *CompEmoc* i d'un 50% per ambdós grups en *AlegEmp*. En l'escala d'*EstrèsEmp*, un 70% es trobava en el grup d'empatia MB i un 30% en el d'A. No hi havia diferències significatives entre grups d'empatia en cap de les escales respecte a la totalitat de la mostra segons el test de Fisher.

Taula 1.

Dades sociodemogràfiques

Variable	Homes (n=20)	Dones (n=22)	Estadístic	Test stat	p-valor	Total
Edat	22,50 (4,43)	19,64 (2,42)	U Mann-Whitney	-1,81	0,071	21,00 (3,77)
Anys d'educació	14,65 (3,17)	13,32 (1,62)	U Mann-Whitney	-0,93	0,353	13,95 (2,54)
Nivell d'educació 1/2/3/4	1/13/0/6	0/19/1/2	Test Fisher	-	0,097	1/32/1/8
Ocupació 0/1/2	9/8/3	14/5/3	Test Fisher	-	0,436	23/13/6
Vocabulari	39,50 (5,39)	39,48 (4,09)	U Mann-Whitney	-0,37	0,714	39,49 (4,71)
TECA TOT	114,15 (12,01)	132,41 (13,36)	T Student	4,64	<0,001*	123,71 (15,60)
TECA AdopPersp	31,35 (4,48)	33,36 (4,27)	U Mann-Whitney	-1,51	0,133	32,40 (4,43)
TECA CompEmoc	31,90 (5,69)	35,64 (4,18)	T Student	2,44	0,019*	33,86 (5,25)
TECA EstrèsEmp	19,50 (6,52)	28,00 (5,74)	T Student	4,49	<0,001*	23,95 (7,42)
TECA AlegEmp	31,40 (4,47)	35,41 (3,90)	U Mann-Whitney	-2,86	0,004*	33,50 (4,60)

Dades expressades en mitjana (desviació estàndard) per les variables quantitatives i en freqüència per les variables categòriques. El nivell d'educació està establert en quatre nivells: 1 primària, 2 ESO, 3 FP mitja/batxillerat, 4 FP superior i 5 estudis universitaris; L'ocupació està establerta en tres nivells: 0 mai ha treballat, 1 treball manual que no requereix qualificació i 2 treball especialitzat. La prova de Vocabulari ha estat escollida com a mesura d'estimació del quocient d'intel·ligència.

Abreviacions: TECA TOT, total; TECA *AdopPersp*, adopció de perspectives; TECA *CompEmoc*, comprensió emocional; TECA *EstrèsEmp*, estrès empàtic; TECA *AlegEmp*, alegria empàtica. * Diferències significatives.

Taula 2.

Distribució per grups segons el nivell d'empatia "Mitjana-Baixa, Alta"

	Homes n=20	Dones n=22	Total n=42	p-valor
TECA TOT 1/2 (%)	10 (50,0)/10 (50,0)	6 (27,3)/16 (72,7)	16 (38,1)/26 (61,9)	0,204
TECA AdopPersp 1/2 (%)	8 (40,0)/12 (60,0)	6 (27,3)/16 (72,7)	14 (33,3)/28 (66,7)	0,515
TECA CompEmoc 1/2 (%)	9 (45,0)/11 (55,0)	7 (31,8)/15 (68,2)	16 (38,1)/26 (61,9)	0,527
TECA EstrèsEmp 1/2 (%)	16 (80,0)/4 (20,0)	13 (59,1)/9 (40,9)	29 (69,0)/13 (31,0)	0,190
TECA AlegEmp 1/2 (%)	11 (55,0)/9 (45,0)	9 (40,9)/13 (59,1)	20 (47,6)/22 (52,4)	0,537

El nivell d'empatia en cada escala s'estableix en dos nivells: 1 Mitjana-Baixa, 2 Alta. Els valors estan expressats en freqüències (percentatges). El p-valor correspon al càlcul de les diferències de distribució de la totalitat de la mostra mitjançant el test de Fisher.

Abreviacions: TECA TOT, total; TECA *AdopPersp*, adopció de perspectives; TECA *CompEmoc*, comprensió emocional; TECA *EstrèsEmp*, estrès empàtic; TECA *AlegEmp*, alegria empàtica.

Diferències de gènere i comparació de gruix cortical entre grups en les escales del TECA

No van haver-hi diferències significatives entre homes i dones en l'anàlisi de gruix cortical.

En l'escala *AdopPersp*, els subjectes agrupats en la categoria d'Alta empatia tenien major gruix cortical que els d'empatia Mitjana-Baixa en el còrtex orbitofrontal lateral i medial esquerre, el frontal superior bilateral (CPFdm), el cingulat anterior i mig bilateral, el pars triangularis bilateral i el pars opercularis esquerre (CFI), el supramarginal esquerre i l'occipital lateral i medial dret (Taula 3, Figura 1).

Cap altra escala del TECA va resultar obtenir diferències significatives de gruix cortical entre els dos grups.

Taula 3.

Diferències de gruix cortical vèrtex a vèrtex entre grups d'empatia Alta > Mitjana-Baixa en l'escala Adopció de Perspectives (AdopPersp) del TECA.

Localització anatòmica	HE/HD	Mida del clúster (mm ²)	Test stat	Coordenades MNI			p-valor
				X	Y	Z	
Pars opercularis	HE	2551,74	3,25	-41	16	21	<0,001
Frontal superior	HE	2205,73	3,19	-13	19	31	0,002
Orbitofrontal lateral	HE	1885,99	2,85	-26	42	-9	0,008
Supramarginal	HE	1602,34	4,00	-59	-51	25	0,036
Occipital lateral	HD	2205,90	2,54	42	-76	-1	0,004
Frontal superior	HD	1816,87	3,64	13	29	29	0,015
Pars triangularis	HD	1578,55	2,66	51	27	3	0,037

Abreviacions: HE/HD, hemisferi esquerre/hemisferi dret. Coordenades establertes a partir de l'espai estàndard MNI (*Montreal Neurological Institute*).

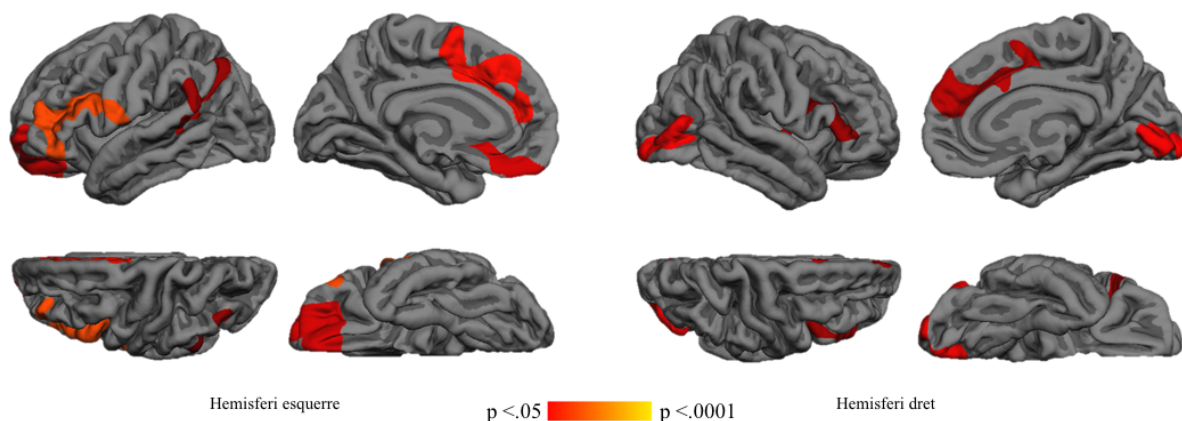


Figura 1. Resultats de gruix cortical vèrtex a vèrtex en l'escala *AdopPersp*. Resultats corregits per comparacions múltiples mitjançant la simulació de Monte-Carlo amb 10000 iteracions. Punt de significació establert en $p < 0,05$. La barra d'escala mostra els nivells de significació.

Comparació de volums i parcel·lacions entre grups

El grup d'empatia A en l'escala *EstrèsEmp* tenia un major volum en el tàlem dret que el grup d'empatia MB ($F(1, 39) = 4,14$; $p = 0,049$). No hi havia altres diferències significatives en la resta d'estructures subcorticals (Taula 4).

Com a primera aproximació en l'estudi del gruix cortical prèvia a l'anàlisi vèrtex a vèrtex, es van emprar les mitjanes de gruix cortical de cada una de les parcel·lacions de l'atles Desikan-Killiany (veure apartat de mètodes). En l'escala *AdopPersp*, les mitjanes de gruix cortical significativament superiors en el grup d'empatia A respecte el de MB van ser l'orbitofrontal bilateral (HE: $t(40) = 2,83$; $p = 0,007$) (HD: $t(40) = 2,20$; $p = 0,034$), el frontal mig rostral esquerre ($t(40) = 2,62$; $p = 0,012$), el frontal superior bilateral (HE: $t(40) = 2,47$; $p = 0,018$) (HD: $t(40) = 2,61$; $p = 0,013$), el pars triangularis bilateral (HE: $t(40) = 2,02$; $p = 0,050$) (HD: $t(40) = 2,70$; $p = 0,010$), el pars opercularis esquerre ($t(40) = 2,29$; $p = 0,027$), el cingulat esquerre ($t(40) = 2,22$; $p = 0,032$), el supramarginal dret ($t(40) = 2,11$; $p = 0,042$), el fusiforme dret ($t(40) = 2,58$; $p = 0,014$), l'istme cingulat esquerre (U estandarditzada = $-2,24$; $p = 0,025$), el parietal inferior bilateral (HE: $t(40) = 2,35$; $p = 0,024$) (HD: $t(40) = 2,32$; $p = 0,026$) i la mitjana de gruix cortical ($t(40) = 2,37$; $p = 0,023$). En l'escala *CompEmoc*, el grup d'empatia A tenia un major gruix cortical en l'orbitofrontal esquerre ($t(40) = 2,53$; $p = 0,015$). Finalment, en l'escala *EstrèsEmp*, el grup d'empatia MB presentava mitjanes significativament superiors en el temporal transvers bilateral (HE: $t(40) = 2,04$; $p = 0,049$) (HD: U estandarditzada = $-2,19$; $p = 0,029$) i en el gir postcentral esquerre ($t(40) = 2,55$; $p = 0,015$) en comparació al grup d'empatia A (Annex 1).

Taula 4.

Comparació entre grups de mitjanes de volums subcorticals amb ANOVA multivariant (covariant per Volum Intracranial)

	Test stat (p)	Diferències grups M est.	Diferència de mitjanes
Adopció de Perspectives (N= A: 28 – MB: 14)			
Amígdala	0,99 (0,325)	MB: 1822,29 – A: 1769,73	52,55
HE Amígdala	1,03 (0,316)	MB: 1796,55 – A: 1737,03	59,52
HD Amígdala	0,69 (0,411)	MB: 1848,03 – A: 1802,45	45,58
HE Tàlem	0,00 (0,992)	MB: 8074,87 – A: 8073,13	1,74
HD Tàlem	0,00 (0,975)	MB: 7926,23 – A: 7920,78	5,45
HE Hipocamp	0,13 (0,724)	A: 4306,71 – MB: 4277,05	29,66
HD Hipocamp	0,05 (0,819)	MB: 4378,82 – A: 4358,97	19,86
Hipocamp	0,00 (0,951)	A: 4332,84 – MB: 4327,94	4,90

Comprensió Emocional (N= A: 26 – MB: 16)			
Amígdala	0,01 (0,907)	MB: 1790,97 – A: 1784,96	6,01
HE Amígdala	0,00 (0,982)	MB: 1757,65 – A: 1756,38	1,27
HD Amígdala	0,04 (0,841)	MB: 1824,29 – A: 1813,55	10,75
HE Tàlem	1,57 (0,218)	A: 8152,45 – MB: 7945,75	206,71
HD Tàlem	1,00 (0,323)	A: 7984,22 – MB: 7822,47	161,75
HE Hipocamp	0,09 (0,763)	A: 4306,11 – MB: 4281,74	24,37
HD Hipocamp	0,72 (0,400)	MB: 4408,89 – A: 4338,94	69,95
Hipocamp	0,09 (0,767)	MB: 4345,32 – A: 4322,52	22,79
Estrès Empàtic (N= A: 13 – MB: 29)			
Amígdala	0,08 (0,782)	A: 1797,69 – MB: 1782,58	15,11
HE Amígdala	0,08 (0,779)	A: 1768,62 – MB: 1751,60	17,02
HD Amígdala	0,06 (0,816)	A: 1826,76 – MB: 1813,55	13,21
HE Tàlem	3,54 (0,067)	A: 8295,47 – MB: 7974,30	321,17
HD Tàlem	4,14 (0,049)*	A: 8153,85 – MB: 7818,94	334,92
HE Hipocamp	1,00 (0,324)	A: 4354,75 – MB: 4270,86	83,90
HD Hipocamp	0,01 (0,907)	MB: 4368,80 – A: 4358,43	10,37
Hipocamp	0,21 (0,651)	A: 4356,59 – MB: 4319,83	36,76
Alegria Empàtica (N= A: 22 – MB: 20)			
Amígdala	0,01 (0,910)	MB: 1790,38 – A: 1784,41	5,98
HE Amígdala	0,03 (0,859)	A: 1761,86 – MB: 1751,38	10,48
HD Amígdala	0,17 (0,682)	MB: 1829,39 – A: 1806,96	22,43
HE Tàlem	0,50 (0,484)	MB: 8137,21 – A: 8015,98	121,23
HD Tàlem	0,22 (0,640)	A: 7960,17 – MB: 7881,27	78,90
HE Hipocamp	0,10 (0,749)	MB: 4310,68 – A: 4284,23	26,46
HD Hipocamp	0,38 (0,540)	MB: 4392,98 – A: 4340,68	52,30
Hipocamp	0,25 (0,617)	MB: 4351,83 – A: 4312,46	39,38

Abreviacions: M est., mitjana estimada en funció de la covariable VIC. A, empatia Alta; MB, empatia Mitjana-Baixa. HE, hemisferi esquerre; HD, hemisferi dret. * Diferències significatives.

Correlacions parcials de volums i parcel·lacions amb les escales del TECA

Cap estructura volumètrica subcortical va mostrar una correlació significativa amb la puntuació directa de les escales del TECA (Taula 5). L'anàlisi de correlacions de les puntuacions d'empatia amb la informació de gruix cortical vèrtex a vèrtex tampoc va mostrar diferències significatives en cap subescala del TECA.

En la Taula 6 es mostren les correlacions parcials de les parcel·lacions corticals amb les escales del TECA. En l'escala *AdopPersp*, van mostrar correlacions significatives l'orbitofrontal lateral esquerre ($r = 0,320$; $p = 0,041$), el fusiforme dret ($r = 0,388$; $p = 0,012$),

el cingulat esquerre ($r = 0,340$; $p = 0,030$), el cingulat posterior esquerre ($r = 0,339$; $p = 0,030$) i l'istme cingulat esquerre ($r = 0,351$; $p = 0,024$). En l'escala *CompEmoc*, el cingulat esquerre ($r = 0,314$; $p = 0,045$) i el pol temporal esquerre ($r = 0,323$; $p = 0,039$) van obtenir correlacions significatives. Per últim, en l'escala *EstrèsEmp* es va trobar una correlació significativa en el pol temporal esquerre ($r = -0,313$; $p = 0,046$).

Taula 5.

Correlacions parcials (covariant per Volum Intracranial) PD TECA amb volums subcorticals

	Adopció de Perspectives R Pearson (p)	Comprensió Emocional R Pearson (p)	Estrès Empàtic R Pearson (p)	Alegria Empàtica R Pearson (p)	Total R Pearson (p)
Amígdala	-0,111 (0,489)	0,176 (0,271)	0,111 (0,489)	0,168 (0,294)	0,130 (0,417)
HE Amígdala	-0,050 (0,754)	0,211 (0,186)	0,123 (0,443)	0,226 (0,156)	0,183 (0,252)
HD Amígdala	-0,161 (0,316)	0,113 (0,480)	0,082 (0,608)	0,081 (0,613)	0,055 (0,734)
HE Tàlem	0,063 (0,696)	0,199 (0,213)	0,215 (0,177)	-0,10 (0,950)	0,186 (0,243)
HD Tàlem	0,145 (0,366)	0,248 (0,119)	0,154 (0,337)	-0,10 (0,952)	0,200 (0,211)
HE Hipocamp	0,002 (0,989)	0,193 (0,227)	0,202 (0,206)	0,108 (0,501)	0,195 (0,222)
HD Hipocamp	0,023 (0,887)	0,130 (0,418)	0,078 (0,628)	-0,36 (0,824)	0,079 (0,625)
Hipocamp	0,014 (0,933)	0,172 (0,282)	0,148 (0,354)	0,037 (0,817)	0,145 (0,366)

Abreviacions: PD, puntuació directa; HE, hemisferi esquerre; HD hemisferi dret.

Taula 6.

Correlacions parcials (gènere) PD TECA amb parcel·lacions

	Parcel·lació	R Pearson (p)
Adopció de Perspectives	HE istme cingulat	0,351 (0,024)
	HE orbitofrontal lateral	0,320 (0,041)
	HE cingulat posterior	0,339 (0,030)
	HD fusiforme	0,388 (0,012)
	HE cingulat	0,340 (0,030)
Comprensió Emocional	HE pol temporal	0,323 (0,039)
	HE cingulat	0,314 (0,045)
Estrès Empàtic	HE pol temporal	-0,313 (0,046)

Només es mostren les parcel·lacions amb correlacions significatives $p < 0,05$.

Discussió

La troballa principal d'aquest estudi va ser un major gruix cortical en regions frontals i occipitals en el grup d'empatia alta comparant-lo amb el de MB dins l'escala cognitiva d'*AdopPersp* (Objectiu 2 del nostre estudi). Fins a la data, aquest és el primer estudi en investigar les diferències de gruix cortical amb una aproximació vèrtex a vèrtex segons el nivell d'empatia en població sana. Les puntuacions en les escales d'empatia cognitiva van correlacionar amb estructures frontals com el còrtex orbitofrontal i el cingulat (Objectiu 3). A més, les dones van puntuar significativament superior en 4 de les 5 escales tal com havíem hipotetitzat (Objectiu 1). No obstant, quan vam dividir la mostra entre grups d'empatia alta i baixa, no vam trobar diferències de gènere entre els grups en cap escala.

El nostre estudi és el primer en investigar les diferències de gruix cortical en població sana. Només un estudi previ de Valk et al. (2016) havia fet una anàlisi de gruix cortical en població sana mitjançant l'anàlisi de la covariància interregional entre la puntuació d'empatia i gruix cortical. Tal com s'ha especificat en la introducció, els objectius d'aquest estudi, distaven molt dels nostres i els mètodes utilitzats per a l'obtenció d'una puntuació d'empatia cognitiva i d'empatia afectiva diferien en gran part de la metodologia utilitzada en la nostra investigació. D'altres estudis havien analitzat les diferències de volum cortical mitjançant anàlisis de morfometria vòxel a vòxel en població sana en funció del gènere (Cheng et al., 2009; Takeuchi et al., 2014; Yamasue et al., 2008), però la gran majoria d'investigacions que s'han realitzat en població sana són estudis de morfometria vòxel a vòxel correlacionals que han relacionat puntuacions d'empatia amb densitat de substància grisa en regions d'interès predefinides (Banissy, Kanai, Walsh, & Rees, 2012; Eres, Decety, Louis, & Molenberghs, 2015; Sassa et al., 2012).

En referència al gruix cortical, només l'escala d'*AdopPersp* va resultar obtenir clústers de significació que fessin referència al sistema límbic o a regions relacionades amb l'empatia. En concret, el grup de major empatia va obtenir major gruix cortical que els d'empatia MB en el còrtex orbitofrontal esquerre, en regions frontals com el CPFdm o la CFI bilaterals (pars triangularis i pars opercularis), en el cingulat bilateral, en regions parietals com el LPI i la UTP (supramarginal) esquerres i en l'occipital lateral i medial dret. Tant utilitzant aquesta aproximació com una de menys precisa com és la de les mitjanes de les parcel·lacions corticals (Annex 1), els resultats van ser els mateixos. Fins i tot, l'anàlisi de gruix cortical va permetre una major discriminació en detectar diferències significatives principalment en regions relacionades amb l'empatia cognitiva. Aquest fet, sobretot es deu a que l'anàlisi de gruix cortical és vèrtex a vèrtex i a la correcció per comparacions múltiples de Monte-Carlo.

Aquests resultats de gruix cortical, es van correspondre amb troballes d'estudis previs de RMe en població sana d'anàlisi de covariància que van trobar que les puntuacions més altes en mentalització obtenien una covariància interregional major entre l'UTP i el CPFdm (Valk et al., 2016) i amb d'altres estudis que correlacionaven major empatia cognitiva amb major volum cortical en el còrtex cingulat mig (CCM) (Eres et al., 2015), el CPFdm (Cheng et al., 2009; Eres et al., 2015) i el CCA (Banissy et al., 2012). En un estudi amb pacients amb esquizofrènia (Massey et al., 2017), es va veure un menor gruix cortical en individus amb esquizofrènia en regions relacionades amb l'empatia cognitiva com el CCA/CCM dret i la CFI esquerra. En un altre estudi que comparava gruix cortical en individus amb trastorn de l'espectre autista amb població sana es van trobar resultats molt similars, un gruix cortical menor en els individus que patien el trastorn en el CCA i el pars triangularis drets i el CPF bilateral (Hadjikhani, Joseph, Snyder, & Tager-Flusberg, 2006). També es va trobar menor gruix cortical en el còrtex orbitofrontal esquerre en població amb diagnòstic d'abús d'alcohol en comparació al grup control sa i menor gruix cortical en el pars opercularis i el pars triangularis esquerreres al comparar el grup amb diagnòstic d'abús d'alcohol amb un grup d'alt risc d'abús per consanguinitat i convivència amb una persona que hagués abusat de l'alcohol durant un temps determinat (Schmidt et al., 2017). La regió orbitofrontal té un paper clau en l'avaluació dels estímuls afectius i és una regió pont entre l'empatia afectiva i cognitiva (Hynes, Baird, & Grafton, 2006). Té un primer circuit de connexions més primàries amb estructures subcorticals com l'hipotàlem, l'hipocamp i l'amígdala que permeten un processament ràpid de la senyal emocional percebuda, i un segon circuit amb connexions amb el CPF més relacionat amb la TdM i el processament cognitiu (Decety, 2010). D'altra banda, a més d'aquestes troballes esperables per la literatura prèvia i que tenen una concordança amb l'esfera cognitiva, també vam trobar diferències entre grups en l'occipital lateral i medial dret. La implicació d'aquestes regions en l'empatia no era esperable i no és fàcil d'interpretar, ja que no hi ha literatura prèvia que ho permeti.

En el present estudi també vam investigar si hi havia una relació estadísticament significativa entre les diferents puntuacions d'empatia i estructures límbiques subcorticals així com en parcel·lacions corticals. A nivell cortical, les troballes van seguir la mateixa línia que en les comparacions grupals i es va trobar una relació positiva entre major puntuació en l'escala d'*AdopPersp* i la mitjana de gruix cortical en regions orbitals i del còrtex cingulat. També es va trobar una relació positiva entre la dimensió afectiva de l'empatia cognitiva (*CompEmoc*) i mitjana de gruix cortical superior en el pol temporal i el còrtex cingulat, en línia també amb troballes d'estudis previs (Frith & Singer, 2008) i una relació negativa entre puntuació

d'*EstrèsEmp* i mitjana de gruix cortical en el pol temporal, que està dins la regió temporal, però no pertany al sistema paralímbic com seria esperable en una escala de l'esfera afectiva (Van Overwalle & Baetens, 2009).

Tots aquests resultats descrits, estan també en consonància amb les troballes d'activació regional relacionades amb l'empatia cognitiva i l'empatia afectiva en RMf. Els resultats del nostre estudi van tenir una correspondència anatòmica amb el que previs autors havien classificat com a regions relacionades amb l'empatia cognitiva (Saxe, Moran, Scholz, & Gabrieli, 2006; Spunt & Lieberman, 2012; Wolf, Dziobek, & Heekeren, 2010).

Pel que fa a les diferències de mitjanes de volum subcortical, el grup d'alta empatia va presentar un volum significativament superior en el tàlem dret que el grup de MB empatia dins l'escala afectiva d'*EstrèsEmp*. Aquesta estructura ja havia estat prèviament relacionada amb activitats referides a l'empatia afectiva (Braadbaart, de Grauw, Perrett, Waite, & Williams, 2014) i va en la direcció de les hipòtesis esperades. D'altra banda, estudis clàssics de processament emocional, han vinculat l'activitat de l'amígdala amb la IA i el CCA/CCM i l'han establert com una estructura central en el processament afectiu i emocional de la informació sensorial (Goerlich-Dobre, Lamm, Pripfl, Habel, & Votinov, 2015; Lamm, Batson, & Decety, 2007). Per tant, d'acord amb les nostres hipòtesis, hauríem esperat trobar diferències volumètriques entre grups en l'amígdala, no obstant, al tractar-se d'una mostra de població sana i jove, les diferències poden haver estat tan subtils que fallem en trobar-les mitjançant la MRI. També esperàvem trobar correlacions significatives entre les puntuacions de l'esfera afectiva i estructures subcorticals, però no vam obtenir-ne cap. S'hauran de realitzar més investigacions en població sana en un futur per tal de determinar si el volum subcortical de certes estructures tenen o no un paper en l'empatia.

Respecte a les diferències de gènere, les dones van obtenir puntuacions superiors en les puntuacions totals del TECA, les dues escales d'empatia afectiva i la de *CompEmoc*. Estudis previs reporten la mateixa troballa utilitzant mesures d'autoinforme com l'emprada en el present estudi (Baez et al., 2017; Lucas-molina, Pérez-albéniz, Ortuño-sierra, & Fonseca-pedrero, 2017; O'Brien, Konrath, Grünh, & Hagen, 2013; Pérez-albéniz, Paúl, Etxeberría, Paz, & Torres, 2003). Aquestes troballes no s'han mantingut en l'anàlisi de gruix cortical i segueixen la línia de les inconsistències que Lamm et al. (2011) havien notat a nivell funcional a l'hora de sintetitzar les diferències de gènere.

El que es va poder observar una vegada més, és la manca de consens a l'hora de classificar les diferents regions cerebrals en un o altre tipus d'empatia, perquè si en molts estudis de RMf sí que ha quedat més marcat i sembla haver-hi més coincidència pel que respecta a la

correspondència anatòmica de l'empatia cognitiva i l'empatia afectiva (Bernhardt & Singer, 2012; Lamm, Decety, & Singer, 2011; Zaki & Ochsner, 2012), en d'altres semblen discrepar a l'hora d'identificar les regions (Saxe, Moran, Scholz, & Gabrieli, 2006; Spunt & Lieberman, 2012; Wolf, Dziobek, & Heekeren, 2010) i en estudis de RMe, la concordància és encara més baixa (Banissy, Kanai, Walsh, & Rees, 2012; Eres, Decety, Louis, & Molenberghs, 2015; Hadjikhani, Joseph, Snyder, & Tager-Flusberg, 2006; Massey et al., 2017; Schmidt et al., 2017).

Limitacions i prospectives

Dins de les limitacions de l'estudi, la mostra era de 42 participants, la majoria dels quals eren estudiants d'infermeria i això pot esbiaixar la generalització dels resultats en la població general.

Com a perspectiva de futur, caldria augmentar el volum de la mostra, ja que en població sana és més complicat detectar subjectes amb baixa empatia que en població clínica i tot i tenir una distribució homogènia dels grups A i MB empatia en les diferents escales, una mostra més àmplia permetria una millor generalització dels resultats. Juntament amb el fet d'augmentar la mostra, potser seria convenient tornar a explorar la volumetria subcortical amb alguna altra tècnica basada en la morfometria i no en el volum, per tal de veure si hi ha diferències estructurals en població sana en estructures implicades en l'empatia afectiva. Per últim, també seria interessant veure si futurs estudis troben les mateixes diferències de gruix cortical en les regions occipitals medials i laterals per a poder explorar quin paper juga aquesta regió en l'empatia.

Conclusions

En conclusió, els subjectes classificats com a més empàtics, tenen un major gruix cortical que els subjectes d'empatia mitjana-baixa respecte a l'escala cognitiva d'Adopció de Perspectives en el còrtex orbitofrontal esquerre, en altres regions frontals com el còrtex prefrontal dorsomedial o la circumvolució frontal inferior de manera bilateral, en el còrtex cingulat anterior i mig bilateral, en regions parietals com el lòbul parietal inferior i la unió temporo-parietal esquerres i en l'occipital lateral i medial dret. Aquestes troballes concorden amb investigacions prèvies de ressonància magnètica estructural i funcional tant en població sana com clínica i s'estableixen com a regions relacionades amb l'empatia cognitiva.

Referències

- Baez, S., Flichtentrei, D., Prats, M., Mastandueno, R., García, A. M., Cetkovich, M., & Ibáñez, A. (2017). Men, women. . .who cares? A population- based study on sex differences and gender roles in empathy and moral cognition. *PLoS One*, *12*(6), 1–21. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0179336>
- Banissy, M. J., Kanai, R., Walsh, V., & Rees, G. (2012). Inter-individual differences in empathy are reflected in human brain structure. *NeuroImage*, *62*(3), 2034–2039. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.05.081>
- Baron-Cohen, S. (2012). *Empatía cero: Nueva teoría de la crueldad*. Madrid: Alianza editorial.
- Bernhardt, B. C., & Singer, T. (2012). The Neural Basis of Empathy. *Annual Review of Neuroscience*, *35*(1), 1–23. <http://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150536>
- Braadbaart, L., de Grauw, H., Perrett, D. I., Waiter, G. D., & Williams, J. H. G. (2014). The shared neural basis of empathy and facial imitation accuracy. *NeuroImage*, *84*, 367–375. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.08.061>
- Cattaneo, L., & Rizzolatti, G. (2009). The Mirror Neuron System. *Archives of Neurology*, *66*(5). <http://doi.org/10.1001/archneurol.2009.41>
- Cheng, Y., Chou, K. H., Decety, J., Chen, I. Y., Hung, D., Tzeng, O. J. L., & Lin, C. P. (2009). Sex differences in the neuroanatomy of human mirror-neuron system: A voxel-based morphometric investigation. *Neuroscience*, *158*(2), 713–720. <http://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2008.10.026>
- Christov-moore, L., Simpson, E. A., Coudé, G., Grigaityte, K., Iacoboni, M., & Ferrari, P. F. (2016). Empathy: Gender effects in brain and behavior. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *46*(Pt 4), 604–627. <http://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.09.001>
- Dale, A. M., Fischl, B., & Sereno, M. I. (1999). Cortical Surface-Based Analysis. *NeuroImage*, *9*(2), 179–194. <http://doi.org/10.1006/nimg.1998.0395>
- Dale, A. M., & Sereno, M. I. (1993). Improved Localizadon of Cortical Activity by Combining EEG and MEG with MRI Cortical Surface Reconstruction: A Linear Approach. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *5*(2), 162–176. <http://doi.org/10.1162/jocn.1993.5.2.162>
- Davis, M. H. (1980). A Multidimensional Approach to Individual Differences in Empathy. *Catalog of Selected Documents in Psychology*, *10*(85), 1–17.
- Decety, J. (2010). The Neurodevelopment of Empathy in Humans, *60637*, 257–267. <http://doi.org/10.1159/000317771>
- Desikan, R. S., Ségonne, F., Fischl, B., Quinn, B. T., Dickerson, B. C., Blacker, D., ... Killiany, R. J. (2006). An automated labeling system for subdividing the human cerebral cortex on

- MRI scans into gyral based regions of interest. *NeuroImage*, 31, 968–980. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.01.021>
- Dvash, J., & Shamay-Tsoory, S. G. (2014). Theory of mind and empathy as multidimensional constructs: Neurological foundations. *Topics in Language Disorders*, 34(4), 282–295. <http://doi.org/10.1097/TLD.0000000000000040>
- Eisenberg, N., & Lennon, R. (1983). Sex Differences in Empathy and Related Capacities. *Psychological Bulletin*, 94(1), 100–131. <http://doi.org/10.1037/0033-2909.94.1.100>
- Eres, R., Decety, J., Louis, W. R., & Molenberghs, P. (2015). Individual differences in local gray matter density are associated with differences in affective and cognitive empathy. *NeuroImage*, 117, 305–310. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.05.038>
- Fischl, B., Liu, A., & Dale, A. M. (2001). Automated manifold surgery: constructing geometrically accurate and topologically correct models of the human cerebral cortex. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 20(1), 70–80. <http://doi.org/10.1109/42.906426>
- Fischl, B., Salat, D. H., Busa, E., Albert, M., Dieterich, M., Haselgrove, C., ... Dale, A. M. (2002). Whole brain segmentation: automated labeling of neuroanatomical structures in the human brain. *Neuron*, 33, 341–355. [http://doi.org/10.1016/S0896-6273\(02\)00569-X](http://doi.org/10.1016/S0896-6273(02)00569-X)
- Frith, C. D., & Singer, T. (2008). The role of social cognition in decision making. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 363(1511), 3875–86. <http://doi.org/10.1098/rstb.2008.0156>
- García García, E., Gonzáles Marqués, J., & Maestú Unturbe, F. (2011). Neuronas espejo y teoría de la mente en la explicación de la empatía. *Ansiedad Y Estrés*, 17(2–3), 265–279.
- Goerlich-Dobre, K. S., Lamm, C., Pripfl, J., Habel, U., & Votinov, M. (2015). The left amygdala: A shared substrate of alexithymia and empathy. *NeuroImage*, 122, 20–32. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.08.014>
- Good, C. D., Johnsrude, I., Ashburner, J., Henson, R. N. A., Friston, K. J., & Frackowiak, R. S. J. (2001). Cerebral Asymmetry and the Effects of Sex and Handedness on Brain Structure: A Voxel-Based Morphometric Analysis of 465 Normal Adult Human Brains. *NeuroImage*, 14(3), 685–700. <http://doi.org/10.1006/nimg.2001.0857>
- Hadjikhani, N., Joseph, R. M., Snyder, J., & Tager-Flusberg, H. (2006). Anatomical differences in the mirror neuron system and social cognition network in autism. *Cerebral Cortex*, 16(9), 1276–1282. <http://doi.org/10.1093/cercor/bhj069>
- Hawk, S. T., Keijsers, L., Branje, S. J. T., Graaff, J. Van Der, De Wied, M., & Meeus, W. (2013). Examining the Interpersonal Reactivity Index (IRI) Among Early and Late Adolescents and Their Mothers. *Journal of Personality Assessment*, 95(1), 96–106.

- <http://doi.org/10.1080/00223891.2012.696080>
- Hynes, C. A., Baird, A. A., & Grafton, S. T. (2006). Differential role of the orbital frontal lobe in emotional versus cognitive perspective-taking. *Neuropsychologia*, *44*(3), 374–383. <http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.06.011>
- Ickes, W., Gesn, P. R., Grahame, T., & Corp, C. P. (2000). Gender differences in empathic accuracy: Differential ability or differential motivation? *Personal Relationships*, *7*, 95–109. <http://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1475-6811.2000.tb00006.x>
- Jabbi, M., & Keysers, C. (2008). Inferior frontal gyrus activity triggers anterior insula response to emotional facial expressions. *Emotion*, *8*(6), 775–780. <http://doi.org/10.1037/a0014194>
- Krämer, U. M., Mohammadi, B., Doñamayor, N., Samii, A., & Münte, T. F. (2010). Emotional and cognitive aspects of empathy and their relation to social cognition-an fMRI-study. *Brain Research*, *1311*, 110–120. <http://doi.org/10.1016/j.brainres.2009.11.043>
- Lamm, C., Batson, C. D., & Decety, J. (2007). The Neural Substrate of Human Empathy: Effects of Perspective-taking and Cognitive Appraisal. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *19*(1), 42–58. <http://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.1.42>
- Lamm, C., Decety, J., & Singer, T. (2011). Meta-analytic evidence for common and distinct neural networks associated with directly experienced pain and empathy for pain. *NeuroImage*, *54*(3), 2492–2502. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.10.014>
- López-Pérez, B., Fernández-Pinto, I., & Abad García, F. J. (2008). TECA, Test de Empatía Cognitiva y Afectiva. Madrid: TEA ediciones.
- Lucas-molina, B., Pérez-albéniz, A., Ortuño-sierra, J., & Fonseca-pedrero, E. (2017). Dimensional structure and measurement invariance of the Interpersonal Reactivity Index (IRI) across gender, *29*(4), 590–595. <http://doi.org/10.7334/psicothema2017.19>
- Luders, E., Narr, K. L., Thompson, P. M., Rex, D. E., Jancke, L., Steinmetz, H., & Toga, A. W. (2004). Gender differences in cortical complexity. *Nature Neuroscience*, *7*(8), 799–800. <http://doi.org/10.1038/nn1277>
- Marsh, A. A., Finger, E. C., Fowler, K. A., Adalio, C. J., Jurkowitz, Ilana T. N., Schechter, J. C., ... Blair, R. J. R. (2014). Empathic responsiveness in amygdala and anterior cingulate cortex in youths with psychopathic traits. *J Child Psychol Psychiatry*, *54*(8), 900–910. <http://doi.org/10.1111/jcpp.12063>. Empathic
- Massey, S. H., Stern, D., Alden, E. C., Petersen, J. E., Cobia, D. J., Wang, L., ... Smith, M. J. (2017). Cortical thickness of neural substrates supporting cognitive empathy in individuals with schizophrenia. *Schizophrenia Research*, *179*, 119–124. <http://doi.org/10.1016/j.schres.2016.09.025>

- O'Brien, E., Konrath, S. H., Grühn, D., & Hagen, A. L. (2013). Empathic Concern and Perspective Taking: Linear and Quadratic Effects of Age Across the Adult Life Span. *The Journals of Gerontology, Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, *68*(2), 168–175. <http://doi.org/10.1093/geronb/gbs055>.
- Pérez-albéniz, A., Paúl, J. De, Etxeberria, J., Paz, M., & Torres, E. (2003). Adaptación de Interpersonal Reactivity Index (IRI) al español, *15*(2), 267–272.
- Pfeifer, J. H., Iacoboni, M., Mazziotta, J. C., & Dapretto, M. (2008). Mirroring others' emotions relates to empathy and interpersonal competence in children. *NeuroImage*, *39*(4), 2076–2085. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.10.032>
- Rizzolatti, G., Ferrari, P. F., Rozzi, S., & Fogassi, L. (2006). The inferior parietal lobule: where action becomes perception. *Novartis Foundation Symposium*, *270*, 129-40–5, 164–9.
- Sassa, Y., Taki, Y., Takeuchi, H., Hashizume, H., Asano, M., Asano, K., ... Kawashima, R. (2012). The correlation between brain gray matter volume and empathizing and systemizing quotients in healthy children. *NeuroImage*, *60*(4), 2035–2041. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.02.021>
- Saxe, R., Moran, J. M., Scholz, J., & Gabrieli, J. (2006). Overlapping and non-overlapping brain regions for theory of mind and self reflection in individual subjects. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *1*(3), 229–34. <http://doi.org/10.1093/scan/nsi034>
- Schmidt, T., Roser, P., Ze, O., Juckel, G., Suchan, B., & Thoma, P. (2017). Cortical thickness and trait empathy in patients and people at high risk for alcohol use disorders. *Psychopharmacology*, *234*(23–24), 3521–3533. <http://doi.org/10.1007/s00213-017-4741-3>
- Schulte-Rüther, M., Markowitsch, H. J., Shah, N. J., Fink, G. R., & Piefke, M. (2008). Gender differences in brain networks supporting empathy. *NeuroImage*, *42*(1), 393–403. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.04.180>
- Segonne, F., Pacheco, J., & Fischl, B. (2007). Geometrically Accurate Topology-Correction of Cortical Surfaces Using Nonseparating Loops. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, *26*(4), 518–529. <http://doi.org/10.1109/TMI.2006.887364>
- Sheehan, D. V, Lecrubier, Y., Sheehan, K. H., Amorim, P., Janavs, J., Weiller, E., ... Dunbar, G. C. (1998). The Mini-International Neuropsychiatric Interview (M.I.N.I.): the development and validation of a structured diagnostic psychiatric interview for DSM-IV and ICD-10. *The Journal of Clinical Psychiatry*, *59 Suppl 2*, 22-33-57.
- Singer, T., Seymour, B., O'Doherty, J., Kaube, H., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2004). Empathy for Pain Involves the Affective but not Sensory Components of Pain. *Science*, *303*(5661),

- 1157–1162. <http://doi.org/10.1126/science.1093535>
- Singer, T., Seymour, B., O’Doherty, J. P., Stephan, K. E., Dolan, R. J., & Frith, C. D. (2006). Empathic neural responses are modulated by the perceived fairness of others. *Nature*, *439*(26), 466–469. <http://doi.org/10.1038/nature04271>
- Spunt, R. P., & Lieberman, M. D. (2012). An integrative model of the neural systems supporting the comprehension of observed emotional behavior. *NeuroImage*, *59*(3), 3050–3059. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.10.005>
- Stevens, J. S., Jovanovic, T., Fani, N., Ely, T. D., Glover, E. M., Bradley, B., & Ressler, K. J. (2013). Disrupted amygdala-prefrontal functional connectivity in civilian women with posttraumatic stress disorder. *Journal of Psychiatric Research*, *47*(10), 1469–1478. <http://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2013.05.031>
- Takeuchi, H., Taki, Y., Sassa, Y., Hashizume, H., Sekiguchi, A., Fukushima, A., & Kawashima, R. (2014). Regional gray matter volume is associated with empathizing and systemizing in young adults. *PLoS ONE*, *9*(1). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0084782>
- Valk, S. L., Bernhardt, B. C., Böckler, A., Trautwein, F.-M., Kanske, P., & Singer, T. (2016). Socio-Cognitive Phenotypes Differentially Modulate Large-Scale Structural Covariance Networks. *Cerebral Cortex*, 1–11. <http://doi.org/10.1093/cercor/bhv319>
- Van Overwalle, F., & Baetens, K. (2009). Understanding others’ actions and goals by mirror and mentalizing systems: A meta-analysis. *NeuroImage*, *48*(3), 564–584. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.06.009>
- Walter, H. (2012). Social cognitive neuroscience of empathy: concepts, circuits and genes. *Emotion Review*, *4*(1), 9–17. <http://doi.org/10.1177/1754073911421388>
- Wechsler, D. (2008). Wechsler Adult Intelligence Scale—Fourth Edition: Technical and interpretative manual. San Antonio, TX: Pearson.
- Wolf, I., Dziobek, I., & Heekeren, H. R. (2010). Neural correlates of social cognition in naturalistic settings: A model-free analysis approach. *NeuroImage*, *49*(1), 894–904. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.08.060>
- Yamasue, H., Abe, O., Suga, M., Yamada, H., Rogers, M. A., Aoki, S., ... Kasai, K. (2008). Sex-linked neuroanatomical basis of human altruistic cooperativeness. *Cerebral Cortex*, *18*(10), 2331–2340. <http://doi.org/10.1093/cercor/bhm254>
- Zaki, J., & Ochsner, K. (2012). The neuroscience of empathy: Progress, pitfalls and promise. *Nature Neuroscience*, *15*(5), 675–680. <http://doi.org/10.1038/nn.3085>
- Zilles, K., Kawashima, R., Dabringhaus, A., Fukuda, H., & Schormann, T. (2001).

Hemispheric Shape of European and Japanese Brains: 3-D MRI Analysis of Intersubject Variability, Ethnical, and Gender Differences. *NeuroImage*, 13(2), 262–271. <http://doi.org/10.1006/nimg.2000.0688>

Annex

Annex 1.

Comparació gruix cortical segons nivell d'empatia "Mitjana-Baixa i Alta" per subescales

	Estadístic	Test stat (p)	Diferències grups M (DE)	Diferència de mitjanes
Adopció de Perspectives (N= A: 28 – MB: 14)				
HE parietal inferior	T Student	2,35 (0,024)	A: 2,56 (0,12) – MB: 2,48 (0,08)	0,08
HE orbitofrontal lateral	U Mann-Whitney	-2,80 (0,005)	A: 2,79 (0,10) – MB: 2,70 (0,09)	0,09
HE pars opercularis	T Student	2,29 (0,027)	A: 2,78 (0,14) – MB: 2,68 (0,11)	0,10
HE pars triangularis	T Student	2,02 (0,050)	A: 2,62 (0,13) – MB: 2,52 (0,16)	0,10
HE frontal mig rostral	T Student	2,62 (0,012)	A: 2,50 (0,11) – MB: 2,42 (0,08)	0,09
HE frontal superior	T Student	2,47 (0,018)	A: 2,87 (0,13) – MB: 2,77 (0,11)	0,10
HE istme cingulat	U Mann-Whitney	-2,24 (0,025)	A: 2,52 (0,16) – MB: 2,41 (0,14)	0,11
HD fusiforme	T Student	2,58 (0,014)	A: 2,89 (0,10) – MB: 2,79 (0,13)	0,09
HD parietal inferior	T Student	2,32 (0,026)	A: 2,61 (0,09) – MB: 2,54 (0,11)	0,07
HD orbitofrontal medial	T Student	2,92 (0,006)	A: 2,55 (0,14) – MB: 2,43 (0,11)	0,13
HD pars triangularis	T Student	2,70 (0,010)	A: 2,57 (0,13) – MB: 2,46 (0,12)	0,11
HD frontal superior	T Student	2,61 (0,013)	A: 2,81 (0,12) – MB: 2,71 (0,10)	0,10
HD supramarginal	T Student	2,11 (0,042)	A: 2,74 (0,12) – MB: 2,65 (0,14)	0,09
Mitjana gruix	T Student	2,37 (0,023)	A: 2,62 (0,08) – MB: 2,55 (0,08)	0,06
HE cingulat	T Student	2,22 (0,032)	A: 2,77 (0,15) – MB: 2,67 (0,12)	0,10
Mitjana cingulat	T Student	2,15 (0,038)	A: 2,71 (0,11) – MB: 2,63 (0,12)	0,08
HE orbitofrontal	T Student	2,83 (0,007)	A: 2,68 (0,09) – MB: 2,59 (0,08)	0,08
HD orbitofrontal	T Student	2,20 (0,034)	A: 2,65 (0,12) – MB: 2,56 (0,11)	0,08
Mitjana orbitofrontal	U Mann-Whitney	-2,56 (0,010)	A: 2,66 (0,09) – MB: 2,58 (0,09)	0,08
Comprensió Emocional (N= A: 26 – MB: 16)				
HE orbitofrontal lateral	T Student	2,37 (0,023)	A: 2,79 (0,10) – MB: 2,71 (0,10)	0,08
HE orbitofrontal	T Student	2,53 (0,015)	A: 2,68 (0,09) – MB: 2,60 (0,09)	0,07
Estrès Empàtic (N= A: 13 – MB: 29)				
HE postcentral	T Student	2,55 (0,015)	MB: 2,25 (0,11) – A: 2,16 (0,10)	0,09
HE temporal transvers	T Student	2,04 (0,049)	MB: 2,52 (0,22) – A: 2,38 (0,15)	0,14
HD temporal transvers	U Mann-Whitney	-2,19 (0,029)	MB: 2,59 (0,20) – A: 2,46 (0,13)	0,13

Abreviacions: M (DE), mitjana (desviació estàndard). A, empatia Alta; MB, empatia Mitjana-Baixa. HE, hemisferi esquerre; HD, hemisferi dret.

Declaració d'autoria

Declaro que aquest treball és original i ha estat realitzat per mi mateix, sense haver fet servir altres fonts o ajudes diferents a les referenciades. També he assenyalat la procedència dels fragments literals, o de contingut, que he pres de tercers.