Neuropsychologia 116 (2018) 117–125

C e a a ab e a Sc e ceD ec

Ne c a

journal homepage: www.elsevier.com/locate/neuropsychologia

P ca c d e e ace aca - ba e a : E ec ca e de ce

S a L [b,*], X a c Ha [a], Na D [a], S Ha [a,**]

[a] School of Psychological and Cognitive Sciences, PKU-IDG/McGovern Institute for Brain Research, Beijing Key Laboratory of Behavior and Mental Health, Peking University, Beijing 100080, China

[b] Department of Psychology, Guangdong Key Laboratory of Social Cognitive Neuroscience and Mental Health, Guangdong Provincial Key Laboratory of Brain Function and Disease, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510006, China

ARTICLE INFO

Keywords:
E a
Race
B a
P ca c d e
ERP

ABSTRACT

E a e a a a e e c a be a a d fl e ced b e
I c ea e de ce e ea e e a aca - a - d d a a a
- ba de e c c a a d b ca fl e ce . T e e e d e e a
a d ca e e fl e ce aca - ba e a b e e e
e e e ce ca c d e e a e a ce d ffe e a e a c e a e e
. . - d d a ffe . We ec ded e e - e a ed b a e a a
e e a e- ace a d e - ace ace e a c a e d a c d a ac . We
ac e N2 (200–340) a d P3 (400–600) e d e e a /ce a
e ed b a (. e a) e e . M e e , e N2/P3 e a c e a e
fica a e a e- ace a e - ace ace e c d b e a c d
bec e a d ffe e e ea e e c d . a c d ed c ed a e c a e
ba e a c e a e e e N2 e d . O fi d e a e e
ca c d e ca e e e a e a ce a e- ace d d a .

1. Introduction

Rac a - a be a a e de c (e. ., e
e e be e e a e be e)
ca be b e ed ea e a a d a bee de fied
e ca c ca e ea c . F a ce, a d a
d d a e ed ea e a c a a d a e- ace
c a ed e - ace d d a d d c a dec a d
c ca a ea e a d e aca - a be a a
e de c a a c a ed be e a aca - e -
be e a a e (D ec e a ., 2011; J e a ., 2002).

T e be a a fi d ed c ea e e ba a
e ea c e ea e e a d e ba ac de
e a de a d a d a (.e., e a) d a ed b
aca e ea be ee be e a d a e . A ea
c a a e c e a ce a (MRI) d e ed b a
a e de ce aca - ba e a c e a e e
b a ea e c a e c e e ded e
e ce ed a a a ed a e- ace a e - ace
d d a (X e a ., 2009). S b e e d e a e ea e
ba e a c e a e e e e
(A e a e a ., 2010), d a ed a e a c e (Ma
2010; C e e a ., 2011), a e a (A e ed e a ., 2
e a ., 2014) a d e a e a c (C e e a ., 20
e a ed e a (ERP) e ea c a e ea ed d ffe e
e e e e a /ce a e a e- ace a d
d d a a a ea a 120 a e e (
Ha , 2012; S e e a ., 2013, 2016; Ha e a ., 2016; C
e a ., 2014; Se a e a ., 2014). T e e b a a
de a e a aca - ba e a cc
ea a e e a ce e e ffe a d
e ed c a c a d e .

Beca e e e c a fica ce e b a a
fi d aca - ba e a , ece e ea c a c ed
c c a a d b ca ec a ed aca -
ba e a . F e a e, a ERP d d a c a
e ea b c d e - ace d d a e
ea c e ed ced e aca - ba e a

* C e de ce : De a e P c S Ya -Se U e , G a 510006, C a.
** C e de ce : Sc P c ca a d C e Sc e ce Pe U e , Be 100871, C a.
E-mail addresses: c520 da@163.c (S. L), a @ .ed .c (S. Ha).

://d .d . /10.1016/ . e c a.2017.05.002
Rece ed 12 N e be 2016; Rece ed e ed 1 Ma 2017; Acce ed 2 Ma 2017
Available online 03 May 2017

b e a c e a e e e - ace d d a a (S e a d Ha , 2012). A MRI d ed a a ec fic c a a (e. ., de e de ce) ca dec ea e ac a - b a e a c e a e e e e c a e a d a (Wa e a ., 2015). Pe e - e e e e e ce e - ace d d a d de e e ed c a ab e e a c e a e e e c a e e ce ed a a e- ace a d e - ace d d a (Z a d Ha , 2013). T e e fi d d ca e a c a e a a d c c a e e e e ce c b e e d ffe e a e a c e a e e a e- ace a d e - ace d d a a .

O e d e a e e ea ed b ca ec a de ac a - b a e a c e a e e . F a ce, b e a e e e ERP a de a e e - , S e e a . (2016) ed a e a e e a e e a a e ace a 120–180 (P2) e e ce a / a e a dec ea ed b a eced ace a e e e e ace e e e a e ace b d ffe e ace , e a d c e a a a e e a ed c d a e e a e- ace a d e - ace ace . S e e a . (2013) a d a a a a ad a c e ec e c ea ed e P2 a de a e- ace b e - ace a e e , e a e e d ffe e e a a e e ce - a e- ace a d e - ace d d a a . A ece MRI d e e ea ed ea e ac a - b a e a c e a e e e ea e c a e G c a ed A a e e ca e c ece e e 53576 (L e a ., 2015). T e e e e fi d e a ac a - b a e a c e a e e b ed a ed b e e e b ca ec a .

W e e a e e ed b a a fi d e c - c a a d b ca de ac a - b a e a c e a e e e , e a c ea e e a d ca e e fl e ce e e a c e a e ac a - b a e a . I a bee ed a a ce e e e ca ce e ce ea e a a a d de a d c ea ed - a (B e e , 1979). I e a , a c - c e d 116 a a e a ed ab a ' c a ada a c a e-ba ed de a d a d ea -ba ed e ce d a ab a e- c e c e e ed ea e d ce - a c a c a , e , a d a e e ad c e a e c a e (Va de V e , 2011). Lab a de a e ed a ca c d e c - a ed a c ea ed e e a d a ce (Ba a d S a e , 2012), c a a c a ed c ca d a ce (e. ., Wa a d Ya , 2016), a d d ed c a be a (W a a d Ba , 2008). Beca e e a a bee ed be a a e ec a c a be a (Ba e a ., 1987; De Waa , 2008; Ba , 2011; Dece e a ., 2016) a d e a c e a e e ca ed c a c be a (He e a ., 2010; Ma e a ., 2011), e a e e a a c e e e e a de a d - a d d a ' a a c ea e ac a - b a e a c e a e e . I c e e e e e ece d a e d e dea , c a cc a c e e e , c ea ed ac a - b a e a c e a e e e b a e (L e a ., 2015). H e e , d d d d ec e a ca e e fl e ce ac a - b a e a c e a e e . I e a e e e e ce a c de e e a e a ce ac a - b a e a c e a e e e ea e e e e e ce a a e e .

T e e d e ed e b ec d ERP C e e ea ad e e e ce ed A a a d Ca ca a ace a e a e e . S e a d Ha (2012) d a , d d e ace de ace , e a de a a e ac a 128–188 (P2) a e a ed b a c a ed e a e e a d effec a e a e- ace a e - ace ace . A e a e ac a 200–300 (N2) ed a ac a - b a e a e e a e e . H e e , e ac a - b a e a c e a e e e P2/N2 e d a e a ed (.e., a c a ed a e a c e a e e a e- ace a d e - ace ace) d d e e a a e eac d d a ace. T e e e, e a e e a e e e a e e e d a d e de a ba e e e e e c d c a ed a e e e ce ca c ea e e ac a - b a e a c e a e e . We a ed a c a d a c d a ac e e a e c d a d a e e e ce e ERP a e a e e a e- ace (.e., A a) a d e - ace (.e., Ca ca a) ace e e ec ded. Beca e ac a b a c a de ed c ed ea e ed e a c eac ac a - e be ' a (A e a e a ., 2010), e a ea ed a c a ' c a de a d ac a - a d - ace e I c A c a Te (G ee a d e a ., 1998). T a ed a e e e e fl e ce c d e a e e e ce ac a - b a e a e e c a ed b d d a ' c a a de a d a e- ace a d e - ace e e.

2. Methods

2.1. Participants

F C e e a e ad a ed 18–28 ea (M = 21.55, SD = 2.56) a c a ed d a a d ee . T e e c c e a c ded e - e ed ed ca c a c e a d e ed ca- . A a c a e e - a ded, a d ad a c ec ed- - a . I ed c e a b a ed a c a . T d a a ed b a ca e c c ee. T e a e e a de e ed ba ed e e ea c (S e a d Ha , 2012) a ed b e de ce ac a - b a ERP e .

2.2. Stimuli and procedure

T e c ed 32 ace 16 A a de a d 32 ace 16 Ca ca a de a d e e ad ed e (S e a d Ha , 2012). Eac de c b- ed 2 ace a e e a a d a e e , e ec e . E a e , ac a a ac e e , a d a ce e e e e a c ed be ee A a a d Ca ca a ace (S e a d Ha , 2012). D e ec e ce a a (EEG) ec d , eac ace a d - a ed 200 e ce e a a bac d a a a e 3.8 4.7 (d e : 7.94 9.92 c) a a e d a ce 120 c . T e e e a c ed a fi a c a d a a a d a ed be ee 800 a d 1400 . Pa c a e d a c d ac 6 C e e a d e c d c d b a a ac 39 C e a c d . I e c c d a c a e e a d a a d a a e e a e (25 C). T e e a a 3- b ea be ee e a , c d a d c c d a d e de e ee c d a c e ba a ced ac a c a . Pa c a c e ed 12 EEG b c d ee e e . T e e e 4 b c 128 a e c d, a a d c c d , e ec e . Eac a e e ed ce a a d de eac b c . Pa c a ade d e e e eac ace (a e e a) a b e e de a d dd e fi e .

A e e EEG ec d , a c a a ed e e e a a ed b eac ace a d e b ec e a ea a e d ced b eac ace a 9- L e ca e. Pa c a e e a a ed a e a /c d e e e a /c d c d a 11- L e ca e a a a c ec (0 = e c d , 10 = e a). D ffe e a e ee e c d a d a c d e e de ed b e d ffe e ce a c e be ee e c d a d a c d . A e EEG ec d , a c a c e ed a ace e e I c A c a Te (G ee a d e a ., 1998). T e ca e ed A a ace / e d e e a d Ca ca- a ace / e a e d a e e b c a d A a ace / e a e d e e a d Ca ca a ace / e d a e e a e b c . A D c e, ca c a ed ba ed a e ab ed a e e a e c e (G ee a d e a ., 2003), ded a de a c a ' c a de a d ac a - a d - ace . A D c e a e a e d ca e a - ace a e a c a ed a e a e a e a e a de c a ed - ace . Pa c a a c e ed e I e e- a Reac I de (IRI, Da , 1983) ea e e e a a .

2.3. EEG recording and analysis

T e EEG Rec d e e a e 64 ca e ec de (ba ed e 10/20 e) a d e ec de aced e e a d a d . E e b a d e ca e e e e e e ed e ec de ca ed ab e a d be e e e e. T e a e ec c a a ec ded e ec de aced 1.5 c a e a e e a d e e a ca . T e EEG a a fied (ba d a 0.1–100 H) a d d ed a a a a e 250 H . T e ERP eac c d e e a e a ed e a a e ff- e, a e c be 200 be e e a d c 1200 . T a c a a ed b e e e e a d c e e a e ceed 50 V a a e ec de e e e e e e c ded a e a e. T e ed e ec 19.2 10.5% e a . T e ba e e e ea e e ERP a de a e ea a e a 200 e- e a , a d e e d e ea e e e ed e e . T e ea a de eac ERP c e e e ca c a ed a e a (F , FC , F3, FC3, F4, FC4), ce a a d a e a (C , C3, C4, CP , CP3, CP4) a d cc - e a (P7, P8, PO7, a d PO8) e ec de . T e a a e P2 a d N2 c e a c d c ed e e a a d ce a e ec de . T e ce a e ec de e e c ded e a a e a e c c e , c a e P3, a d e a e a a d cc a e ec de e e c ded e a a e ea e ERP c e , c a e N170. P e a e ea ed ea e a a e a a ce (ANOVA) be a a d ERP da a c ded ea e de a a be ee - b ec a ab e. Ne e e a effec ea e de e ac e a ab e a fica (F < 1). T e e ed e e e ANOVA eac e (RT), e e acc ac e , a d e ea ERP a de T ea e (c d e a), E e (a e e a), a d Race (Sa e- ace (A a) e O e - ace(Ca ca a)) a - b ec a ab e . T e ANOVA e ea ERP a de ec ded a e b a e a e ec de c ded He e e (e ec de e e e e e e) a a b ec a ab e. T e a e effec c d/ a a a , e ca c a ed e d ffe e ce a e b b ac ERP e c (25 C) c d e e c d a d a c d . T e a de e d ffe e ce a e e e a b ec ANOVA T ea e (c d e a), E e (a e e a), a d Race (Sa e- ace(A a) e O e - ace (Ca ca a)) a - b ec a ab e .

B a e a a d e a da a d ed L Re B a E ec a e c T a (LORETA) (Pa c a -Ma , 2002) e e ed e a e e a ce e a c e a e e . LORETA a ea e d c a ca a EEG da a a e ea ca e de ce ce e a d d e e a e e e a d e fie d d b e ac e ce . We e ed e a a LORETA a e e e a 3D c e ce e a ac a d ffe e a ed be ee ERP a a d e a e e . A b da e e e de a fi c ea ed ab 5000 de a ea c ead de . S a ca a a e c a a ca c a ed a ec fic e d e a e e ce a d ffe e a ed ERP a a d e a e e . T e e F a a e a e a ed a d c de ed a 0.95 e e fica ce.

3. Results

3.1. Behavioral results

Be a a e a ce a e Tab e 1. Re e acc ac e e e (> 90%) a d d d fica d ffe be ee e c d a d a c d (> 0.05). ANOVA RT ed a fica a effec Race b e c d a d a c d ($F(1,39) = 15.01$ a d 6.40, < 0.05, $\eta^2 = 0.44$ a d 0.25) a a c a e ded a e A a a Ca ca a ace . T e e ac Race a d E e a fica e c d c d ($F(1,39) = 12.82$, < 0.005, $\eta^2 = 0.40$) a d a a fica e a c d ($F(1,39) = 4.01$, $= 0.06$, $\eta^2 = 0.17$). P c a a e e- ea ed a RT e e e Ca ca a a A a ace e a e e b e c d a d a c d ($F(1,39) = 5.61$ a d 3.67, < 0.005, η^2

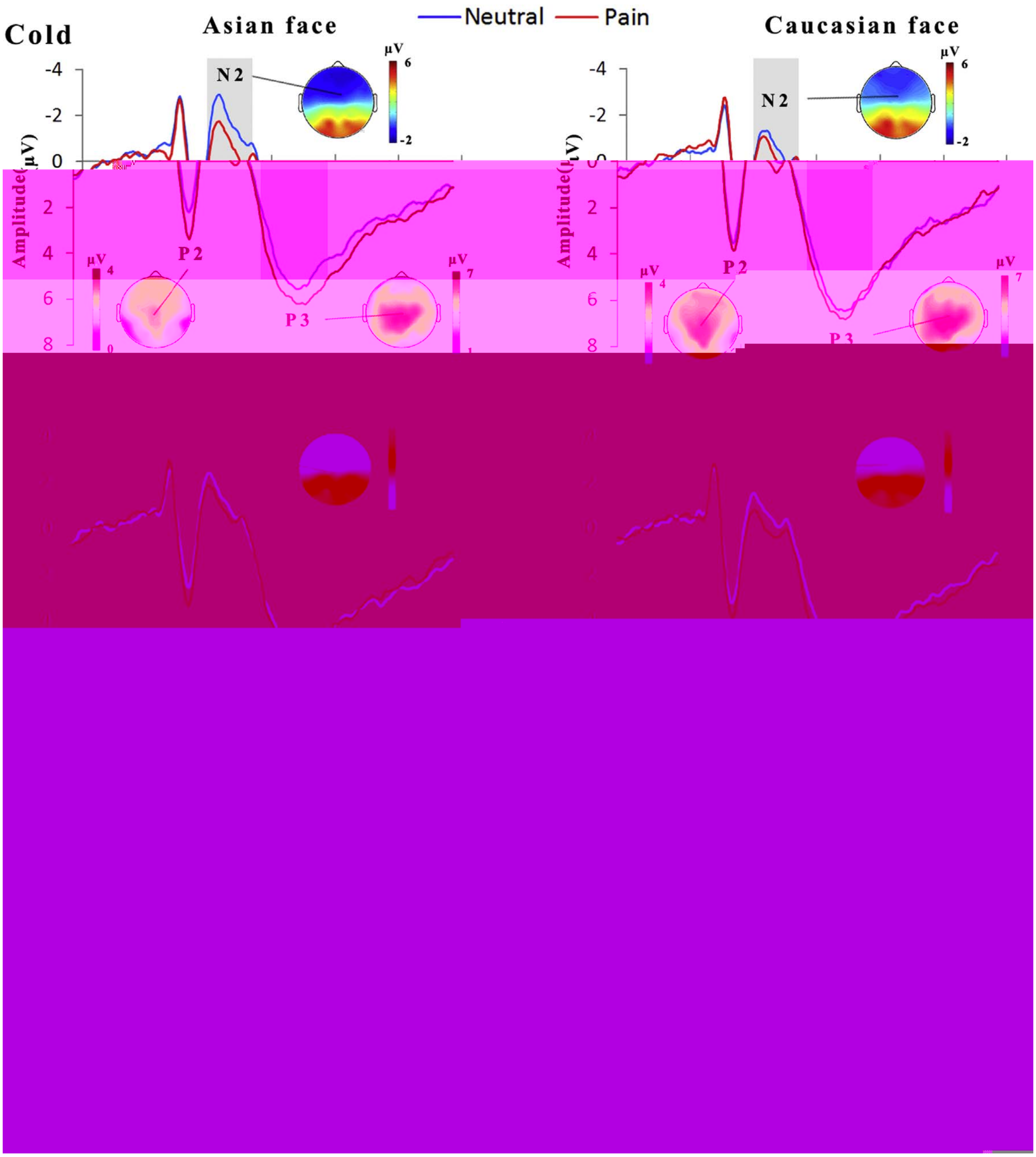

Fig. 1. I a e ERP e ec d a d a c d . ERP ec ded a FC a a d e a e e A a a d Ca ca a ace ec d, a , a d e a c d .

Table 3
Mea a de FCZ eac c e (Mea SE).

FCZ		C d c d				Wa c d				T ea e Race E e		
		A a		Ca ca a		A a		Ca ca a		F		η²
P2	Pa	2.57	0.47	3.03	0.52	2.38	0.51	3.10	0.56	3.89	0.06	0.091
	Ne a	1.57	0.47	2.64	0.50	1.77	0.49	2.52	0.50			
N2	Pa	0.51	0.51	0.49	0.51	0.54	0.50	0.49	0.52	6.80	0.01	0.149
	Ne a	−1.52	0.51	−0.55	0.49	−1.31	0.54	−0.70	0.49			
P3	Pa	5.66	0.64	5.99	0.59	5.17	0.58	6.10	0.61	9.35	0.004	0.193
	Ne a	4.69	0.62	5.61	0.58	4.65	0.61	5.20	0.61			

3.2.1. Treatment effects on empathic neural responses

T e e d ffe e a ac a b a e a c e a e e , e c d c ANOVA e a de eac ERP c e e c d a d a c d T ea e (c d e a), E e (a e e a), a d Race (Sa e- ace(A a) e O e - ace(Ca ca a)) a de e de - b ec a ab e . T e ANOVA e P2 a de a 140–188 e e a /ce a e ec de ed fica a effec

Race (F : F(1,39) = 32.72, < 0.001, $\eta^2 = 0.46$; FC : F(1,39) = 35.55, < 0.001, $\eta^2 = 0.48$; C : F(1,39) = 39.68, < 0.001, $\eta^2 = 0.50$; F3-F4: F (1,39) = 27.68, < 0.001, $\eta^2 = 0.42$; FC3-FC4: F(1,39) = 33.69, < 0.001, $\eta^2 = 0.46$; C3-C4: F(1,39) = 49.12, < 0.001, $\eta^2 = 0.56$) a d E e (F : F(1,39) = 32.92, < 0.001, $\eta^2 = 0.46$; FC : F (1,39) = 33.76, < 0.001, $\eta^2 = 0.46$; C : F(1,39) = 36.81, < 0.001, $\eta^2 = 0.49$; F3-F4: F(1,39) = 31.88, < 0.001, $\eta^2 = 0.45$; FC3-FC4: F (1,39) = 32.42, < 0.001, $\eta^2 = 0.45$; C3-C4: F(1,39) = 28.58, < 0.001, $\eta^2 = 0.42$). T e P2 a de e e e a ed b e - ace c a ed a e- ace ace a d b a . . e a e e (ee F . 1 a d Tab e 3). T e e e ca e e e ERP fi d (e. ., I a d Ba , 2009; S e a d Ha , 2012) a d e a e a /ce a P2 a ed c d b ac a de a d e a a e (.e., a). T e e ac E e Race e P2 a de e e fica (F : F(1,39) = 1.41, = 0.24, $\eta^2 = 0.04$; FC : F(1,39) = 3.42, = 0.07, $\eta^2 = 0.08$; C : F(1,39) = 1.98, = 0.17, $\eta^2 = 0.05$; F3-F4: F(1,39) = 1.39, = 0.25, $\eta^2 = 0.03$; FC3-FC4: F(1,39) = 1.65, = 0.21, $\eta^2 = 0.04$; C3-C4: F(1,39) = 1.64, = 0.21, $\eta^2 = 0.04$), d ca a effec a e e e P2 a de a e- ace a d e - ace ace . T e e e e ca e e e ERP e a e a de a d a d e ead a e a e e a (. e a) e e ac a - a d - d d a (S e a d Ha , 2012). H e e , e e e a effec T ea e e ac Race a d E e a fica e P2 a de (> 0.05). T ca a /c d ea e a ed d a e e ea e a c e a e e a (. e a) e e e c e a e e.

T e ANOVA e N2 a de a 200–340 ed fi-ca a effec Race (F : F(1,39) = 63.34, < 0.001, $\eta^2 = 0.62$; FC : F(1,39) = 61.22, < 0.001, $\eta^2 = 0.61$; C : F(1,39) = 53.06, < 0.001, $\eta^2 = 0.58$; F3-F4: F(1,39) = 45.06, < 0.001, $\eta^2 = 0.54$; FC3-FC4: F(1,39) = 49.52, < 0.001, $\eta^2 = 0.56$; C3-C4: F(1,39) = 58.90, < 0.001, $\eta^2 = 0.60$) a d E e (F : F(1,39) = 21.59, < 0.001, $\eta^2 = 0.36$; FC : F(1,39) = 22.27, < 0.001, $\eta^2 = 0.36$; C : F (1,39) = 23.01, < 0.001, $\eta^2 = 0.37$; F3-F4: F(1,39) = 19.11, < 0.001, $\eta^2 = 0.33$; FC3-FC4: F(1,39) = 18.79, < 0.001, $\eta^2 = 0.33$; C3-C4: F (1,39) = 17.23, < 0.001, $\eta^2 = 0.31$). T e N2 a a e a de a e- ace a e - ace ace a d a a e a de a c a ed e a e e (F . 1 a d 2A). I e e , e e effec e e a fied b fica e ac T ea e - Race E e (F : F(1,39) = 5.79, < 0.05, $\eta^2 = 0.13$; FC : F (1,39) = 6.80, < 0.05, $\eta^2 = 0.15$; C : F(1,39) = 7.36, < 0.05, $\eta^2 = 0.16$; F3-F4: F(1,39) = 7.32, < 0.05, $\eta^2 = 0.16$; FC3-FC4: F(1,39) = 7.42, < 0.05, $\eta^2 = 0.16$; C3-C4: F(1,39) = 3.44, = 0.07, $\eta^2 = 0.08$). e effec a a e e ea ed fica a effec E e e N2 a de e a c d (F : F(1,39) = 11.89, = 0.001, $\eta^2 = 0.23$; FC : F(1,39) = 11.83, = 0.001, $\eta^2 = 0.23$; C : F(1,39) = 11.67, < 0.005, $\eta^2 = 0.23$; F3-F4: F(1,39) = 11.52, = 0.002, $\eta^2 = 0.23$; FC3-FC4: F(1,39) = 12.92, = 0.001, $\eta^2 = 0.25$; C3-C4: F(1,39) = 12.11, = 0.001, $\eta^2 = 0.24$). H e e , e e ac Race E e e N2 a de a fica (> 0.05), e c a ab e e a c e a e e a e- ace a d e - ace ace e a c d . ANOVA e N2 a de e c d c d ed fica e ac Race E e e N2 a de (FC : F(1,39) = 4.64, < 0.05, $\eta^2 = 0.11$; C : F(1,39) = 4.81, < 0.05, $\eta^2 = 0.11$), d e a e d ffe - e a N2 e e a (. e a) e e a e- ace a e - ace ace , a , e c d c d , e effec E e a fica b a e- ace ace (F : F(1,39) = 18.95, < 0.001, $\eta^2 = 0.33$; FC : F(1,39) = 21.18, < 0.001, $\eta^2 = 0.35$; C : F(1,39) = 23.85, < 0.001, $\eta^2 = 0.38$; F3-F4: F(1,39) = 14.06, = 0.001, $\eta^2 = 0.27$; FC3-FC4: F(1,39) = 14.89, < 0.001, $\eta^2 = 0.28$; C3-C4: F(1,39) = 11.30, < 0.005, $\eta^2 = 0.23$) a d e - ace ace (F : F(1,39) = 8.11, = 0.01, $\eta^2 = 0.17$; FC : F(1,39) = 5.42, = 0.03, $\eta^2 = 0.12$; C : F(1,39) = 4.76, = 0.04, $\eta^2 = 0.11$; F3-F4: F (1,39) = 5.94, = 0.02, $\eta^2 = 0.13$; FC3-FC4: F(1,39) = 3.78, = 0.06, $\eta^2 = 0.09$; C3-C4: F(1,39) = 4.73, = 0.04, $\eta^2 = 0.11$).

We a c d c ed a ANOVA e a de d ffe e ce a e (ERP e a /c d c d e e c c d) e N2 e d . T e a a e a c fi ed fica e ac T ea e Race E e (F : F(1,39) = 31.85, < 0.001, $\eta^2 = 0.45$; FC : F(1,39) = 34.07, < 0.001, $\eta^2 = 0.47$; C : F(1,39) = 35.89, < 0.001, $\eta^2 = 0.48$; F3-F4: F(1,39) = 19.99, < 0.001, $\eta^2 = 0.34$; FC3-FC4: F(1,39) = 24.44, < 0.001, $\eta^2 = 0.39$; C3-C4: F(1,39) = 21.35, < 0.001, $\eta^2 = 0.35$). S ce e a- LORETA e ed a e e a ac e N2 e d a d ffe e a ed be ee a a d e a e e ad e a ce e a e a a d e a c e (ea MNI c d a e : −50, 10, −5, F . 2B).

T e ANOVA e P3 a de a 400–600 ed fi-ca a effec Race (FC : F(1,39) = 25.54, < 0.001, $\eta^2 = 0.40$; C : F(1,39) = 32.28, < 0.001, $\eta^2 = 0.45$; CP : F(1,39) = 32.17, < 0.001, $\eta^2 = 0.45$; FC3-FC4: F(1,39) = 23.49, < 0.001, $\eta^2 = 0.38$; C3-C4: F(1,39) = 37.04, < 0.001, $\eta^2 = 0.49$; CP3-CP4: F(1,39) = 24.85, < 0.001, $\eta^2 = 0.39$) a d E e (FC : F(1,39) = 8.92, < 0.01, $\eta^2 = 0.19$; C : F(1,39) = 14.51, < 0.001, $\eta^2 = 0.27$; CP : F(1,39) = 9.84, < 0.005, $\eta^2 = 0.20$; FC3-FC4: F(1,39) = 12.53, < 0.005, $\eta^2 = 0.24$; C3-C4: F(1,39) = 19.38, < 0.001, $\eta^2 = 0.33$; CP3-CP4: F (1,39) = 21.99, < 0.001, $\eta^2 = 0.36$). T e P3 a de e e e a ed b e - ace a a e- ace ace a d b a c a ed e a e e , c e e e fi d (I a d Ba , 2009; L e a ., 2015; Ha e a ., 2016). M e e , e ANOVA e P3 a de ed fica e ac T ea e Ra-ce E e (FC : F(1,39) = 9.35, < 0.005, $\eta^2 = 0.19$; C : F(1,39) = 15.92, < 0.001, $\eta^2 = 0.29$; CP : F(1,39) = 11.06, < 0.005, $\eta^2 = 0.22$; FC3-FC4: F(1,39) = 8.35, < 0.01, $\eta^2 = 0.18$; C3-C4: F(1,39) = 4.35, < 0.05, $\eta^2 = 0.10$; CP3-CP4: F(1,39) = 9.08, < 0.01, $\eta^2 = 0.19$), e d ffe e a ac a - b a e P3 a de a (. e a) e e e c d a d a c d . S e effec a a e e ea ed fica e ac Race E e e e ce a e ec de e c d c d- (FC : F(1,39) = 7.21, < 0.01, $\eta^2 = 0.16$; C : F(1,39) = 9.15, < 0.005, $\eta^2 = 0.19$; FC3-FC4: F(1,39) = 6.07, < 0.05, $\eta^2 = 0.14$) d e ea e d ffe e a P3 a de a (. e a) e e a e- ace a e - ace ace , a e P3 a de e a /ce a / a e a e ec de e e e a ed a c a ed e a e e b a e- ace ace (FC : F (1,39) = 12.52, = 0.001, $\eta^2 = 0.24$; C : F(1,39) = 16.73, < 0.001, $\eta^2 = 0.30$; CP : F(1,39) = 14.28, = 0.001, $\eta^2 = 0.27$; FC3-FC4: F(1,39) = 14.38, = 0.001, $\eta^2 = 0.27$; C3-C4: F(1,39) = 19.61, < 0.001, $\eta^2 = 0.34$; CP3-CP4: F(1,39) = 25.26, < 0.001, $\eta^2 = 0.39$, F . 1 a d 2A) a d e - ace ace (CPZ: F(1,39) = 5.67, = 0.02, $\eta^2 = 0.13$; C3-C4: F(1,39) = 6.84, = 0.01, $\eta^2 = 0.15$; a d CP3-CP4: F(1,39) = 9.47, < 0.01, $\eta^2 = 0.19$)). T e e e e a fica e ac Race E e e P3 a de e e ce a e a e ec - de e a c d (CP : F(1,39) = 6.97, = 0.01, $\eta^2 = 0.15$; CP3-CP4: F(1,39) = 5.06, = 0.03, $\eta^2 = 0.12$), e ea e effec E e e P3 a de e - ace a a e- ace ace , e a a e a a e c fi ed a e P3 a de a c a ed e a e e b a e- ace ace (C : F(1,39) = 4.87, = 0.03, $\eta^2 = 0.11$; FC3-FC4: F(1,39) = 4.51, = 0.04, $\eta^2 = 0.10$; C3-C4: F(1,39) = 6.91, = 0.01, $\eta^2 = 0.15$; CP3-CP4: F(1,39) = 6.08, = 0.02, $\eta^2 = 0.14$) a d e - ace ace (FC : F(1,39) = 11.92, = 0.001, $\eta^2 = 0.23$; C : F(1,39) = 16.99, < 0.001, $\eta^2 = 0.30$; CP : F (1,39) = 14.49, < 0.001, $\eta^2 = 0.27$; FC3-FC4: F(1,39) = 19.50, < 0.001, $\eta^2 = 0.33$; C3-C4: F(1,39) = 23.48, < 0.001, $\eta^2 = 0.38$; CP3-CP4: F(1,39) = 25.48, < 0.001, $\eta^2 = 0.40$).

S a ANOVA e a de d ffe e ce a e e P3 e d a c fi ed fica e ac T ea e Race E e (FC : F(1,39) = 27.19, < 0.001, $\eta^2 = 0.41$; C : F(1,39) = 29.82, < 0.001, $\eta^2 = 0.43$; CP : F(1,39)

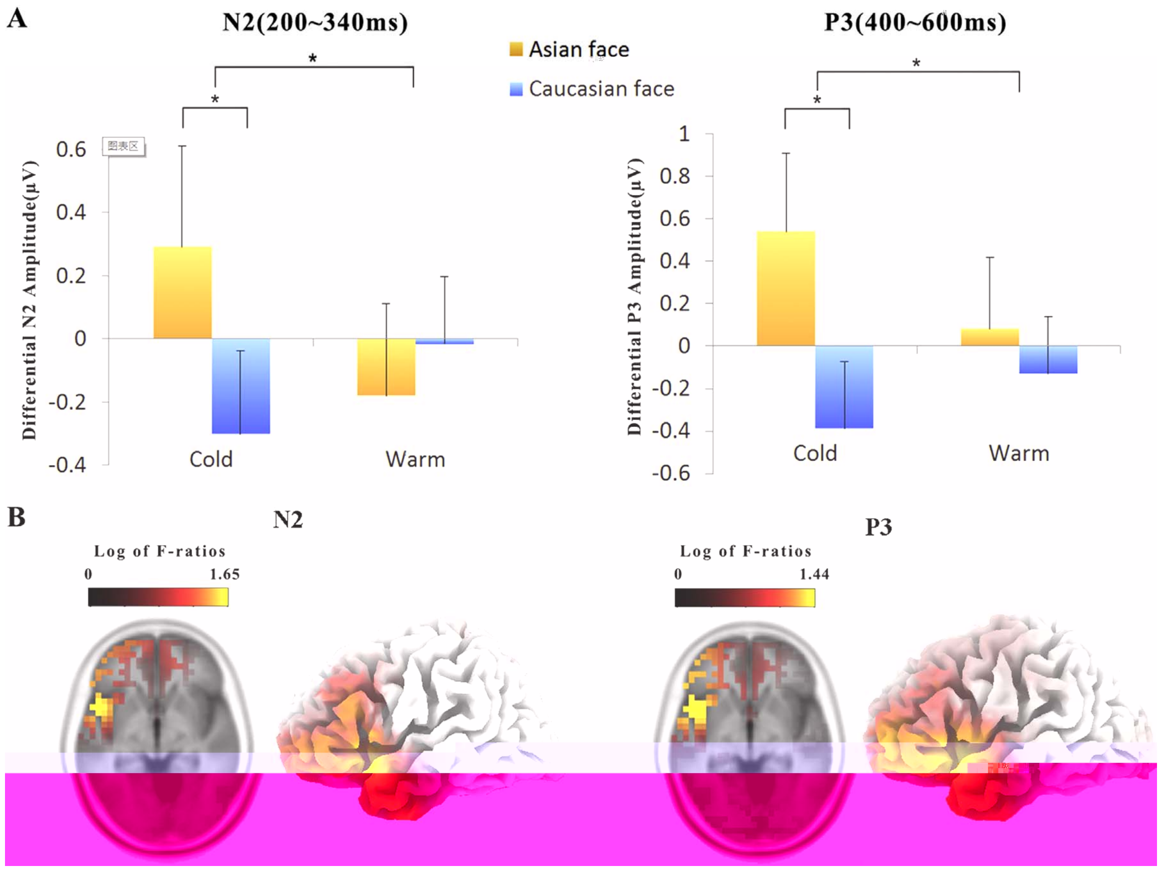

Fig. 2. (A) T e ea a de e d ffe e ce a e a 200–340 (N2) a d a 400–600 (P3) e e b a ed b C d(FC a-FC Ne a)-Ne a (FC a-FC Ne a) a d Wa (FC a-FC Ne a)-Ne a (FC a-FC Ne a), e ec e . (B) I a e e ce e a . I c ea ed ac e a . e a e e e N2 a d P3 e d e e de fied e e a a d e a c e .

= 20.56, < 0.001, η^2 = 0.35; FC3-FC4: F(1,39) = 23.45, < 0.001, η^2 = 0.38; C3-C4: F(1,39) = 21.70, < 0.001, η^2 = 0.36; CP3-CP4: F (1,39) = 14.88, < 0.001, η^2 = 0.28). S ce e a LORETA e ed a e e a ac e P3 e d a d ffe e a ed be ee a a d e a e e A a ace a ad e a ce e a e a a d e a c e (ea MNI c d a e : −45, 10, −5, F . 2B).

F a , e a e ed e e ea e , ac a e e a d ace de fl e ce e a de N170 e a ed e ce a ce - ace . T e ANOVA e N170 a de ed fica a effec Race (P7-P8: F(1,39) = 44.93, < 0.001, η^2 = 0.54; PO7-PO8: F(1,39) = 49.71, < 0.001, η^2 = 0.56) a d E e (P7-P8: F (1,39) = 6.54, < 0.05, η^2 = 0.14), e a e N170 a de e e a e- ace a e - ace ace a d e a a a e e . H e e , e e a effec ea e e ac ace a d e e a fica e N170 a de (> 0.05). T e e a fica c e a be ee e N170 a de a d e D c e (> 0.1).

3.2.2. Relationships between subjective ratings, implicit racial attitudes and treatment effects

T e e e d ffe e a b ec e a e ee e c d . a c d c d ed c e d ffe e ce ac a - b a ee a c e a e e be ee e c d , e ca c a ed e c e a be ee e d ffe e a a c e a d e d ffe e a ac a - b a e a c e a e e e N2 P3 e d e c d a d a c d . T e e a a e e ea ed fica c e a e N2 e d (F4: (40) = 0.36, < 0.05; FC : (40) = 0.40, < 0.01; FC4: (40) = 0.37, < 0.05; C : (40) = 0.38, < 0.05; C4: (40) = 0.47, < 0.05) a d e P3 e d (F : (40) = 0.36, < 0.05; FC : (40) = 0.39, = 0.01; C : (40) = 0.40, < 0.01; C4: (40) = 0.34, < 0.05, F . 3A), e a a e d ffe e ce b ec e a e ee be ee c d a d a ea e e ed c ed a e c a e ac a - b a N2/P3 e a c e a e e e c d .

Ne e a e ed e e e d ffe e a ac a - b a e e a c e a e e be ee e c d a d a c d a a c a ed e ac a - b a e c a de de ed b e D c e e I c A c a Te . We d a e D c e a e c e a ed e d ffe e a ac a - b a e e a c e a e e be ee e c d a d a c d e N2 e d (C4: (40) = 0.35, < 0.05; CP : (40) = 0.36, < 0.05; CP4: (40) = 0.36, < 0.05; P : (40) = 0.40, < 0.01) a d e P3 e d (CP : (40) = 0.35, < 0.05; P : (40) = 0.38, < 0.05, F . 3B), e a ac a - b a e a c e a e e a c a ea e e a e c a de a d e - ace ace e e e e e c d/ a a - a . We a e a ed e e d d a e a a e e a c a ed e effec ea e e ac a - b a e N2 a d P3 a de b a ed fi d fica c e a be ee e IRI c e a d e effec ea e e ac a - b a e e a c e a e e e N2 a d P3 e d (> 0.05).

4. Discussion

T e e d e a ed e fl e ce e (c d . a) e e e ce ac a - b a e a c e a e- e . We ed c ed a e e e e ce a c d e . e e a ce ac a - b a e a c e a e e ea e e e e e ce a a e . e . O ERP e

e b e de ce a c d e e e ce d
d a c d ac a d, c a ed a c e e e -
e , e a ced ac a - b a e a c e a e e
e a e a e a e e e ce d d a a ac
a d.

T e ERP e e ca e e a a e
e N2 a d P3 a de a e- ace a d e - ace ace c
e e e ed b a a e a e e . T e
d a e N2/P3 a de b a . e a e e
a e c e e e ERP fi d (S e e a ., 2012, 2013;
Ha e a ., 2016; C e a -H e a e a ., 2014; Se a e a ., 2014).
M e e , e ed e de ce a ac a - b a e a c
e e e N2 a d P3 e d a c ea ed e c d .
a c d . S ec fica , e d a , a e a acc
e N2/P3 a de e c c d , e d ffe e a N2/
P3 a de a (. e a) e e d d d ffe

e.

T e e. ERP e ea c e. ea ed a e ea e a c e a e e e P2 a d N2 e d a d a d a e- ace ace e e a c a ed e a a (Fa a d Ha , 2008; S e a d Ha , 2012) a d, a ce a de ee, cc ed de e de a de a d a e a ed -d a e e a c e a . T e P3 a de e a , e e , a c ea ed b -d a e e e a a e (Fa a d Ha , 2008). T e e a a e. de ce a e e ac e e a / a e a e a a e d a e e c e e. a a e e a a e (e. ., Sabba a d Ta , 2000;

A e a , A., S , A., A , S.M., 2010. Rac a b a ed ce e a c e e a ce e - ace a . C . B . 20, 1018–1022.

A e ed , R.T., Maca , E., A e a , A., Sa a e , V., Ca a , V., A , S.M., 2013. T e a a : b a a d a c c e a e e a c e a ce e a a e a d d ffe e ace d d a . H . B a Ma . 34, 3168–3181.

Ba , J.A., S a e , I., 2012. T e b ab ca a d c a a da e. E 12, 154–162.

Ba -C e , S., K c e e , R.C., Be e, M.K., 2005. Se d ffe e ce e b a : ca e a a . Sc e ce 310, 819–823.

Ba , C.D., F , J., Sc ade, P.A., 1987. D e a d e a : a a e d c ca e d ffe e a a c e ce . J. Pe a . 55, 19–39.

Ba , C.D., 2011. E a - d ced a : e d e e c d? F e G ea e G d A : Pe ec e I d d a , S c e , a d Leade . 29.

B a , V.C., Ma e , U., T e a , N., McCa d , B.D., 2007. T e ace- ec fic N170 c e d a ed b e a ac a e e . Be a . B a F c . 3, 7.

B e e , M.B., 1979. I - b a e a e a : a c e- a a a a . P c . B . 86, 307–324.

C e , B.K., I , D.M., Ha ada, T., K , J.S., Ma , V.A., Sc eca, J.M., Pa , T.B., Pa , H.W., C a , J.Y., 2011. C a fl e ce e a ba e e a . Ne I a e 57, 642–650.

C e a -H e a, L.S., H e c e , E., S e e , C.S., Re , N., C , R., 2014. I e e a d ed ce ac a b a e a c e a e e a . Ne c a 64, 263–270.

Da , M.H., 1983. Mea d d a d ffe e ce e a : e de ce a d e a a ac . J. Pe a . S c a . P c . 44, 113–126.

De Waa , F.B., 2008. P e a bac a : e e e a . A . Re . P c . 59, 279–300.

Dece , J., Ba a , I.B.A., U e , F., K a -N a , A., 2016. E a a a d e c a be a : c e ed e be a a ec a ac ec e . P . T a . R. S c. B 371, 20150077.

D ec , B.B., M e, C.F., Wa d, S.E., P ac , K.M., 2011. Red c ac a d a e a ea e : e e e a a d e ec e- a . Pa 152, 1001–1006.

E e , M., H e , A., 2002. A ERP d e e c e e a ace ce . Ne e 13, 427–431.

Fa , Y., Ha , S., 2008. Te a d a c e a ec a ed e a a : a e e - e a ed b a e a d . Ne c a 46, 160–173.