

ANALISI DEI DATI E RISULTATI

1. Introduzione

Nel presente capitolo, dedicato all'analisi dei dati e all'esposizione dei risultati, verrà in primo luogo esposta una descrizione di tipo morfologico dei tracciati ERP ottenuti. Successivamente, verranno presentate le analisi statiche effettuate, illustrandone i risultati. Lo studio ha impiegato due diversi ordini di dati; di conseguenza, una prima sezione sarà dedicata all'analisi dei dati di natura neuropsicologica, ovvero i potenziali evocati corticali (ERPs), e in un secondo momento verrà presentata l'analisi condotta sui dati comportamentali, i tempi di risposta (TR).

2. I tracciati ERP: descrizione morfologica

Osservando i tracciati derivati dalla media tra tutti i 14 elettrodi utilizzati, è possibile notare che la condizione di congruenza e quella di incongruenza presentano un andamento molto simile, caratterizzato dalla presenza di svariati indici ERP descritti in letteratura, nello specifico una P100, una N100, una N200 e una N300. Al di là di tale sostanziale sovrapponibilità, tuttavia i tracciati mostrano alcune differenze sia rispetto all'intensità dei fenomeni sia rispetto alla loro latenza (vedi fig. 1).

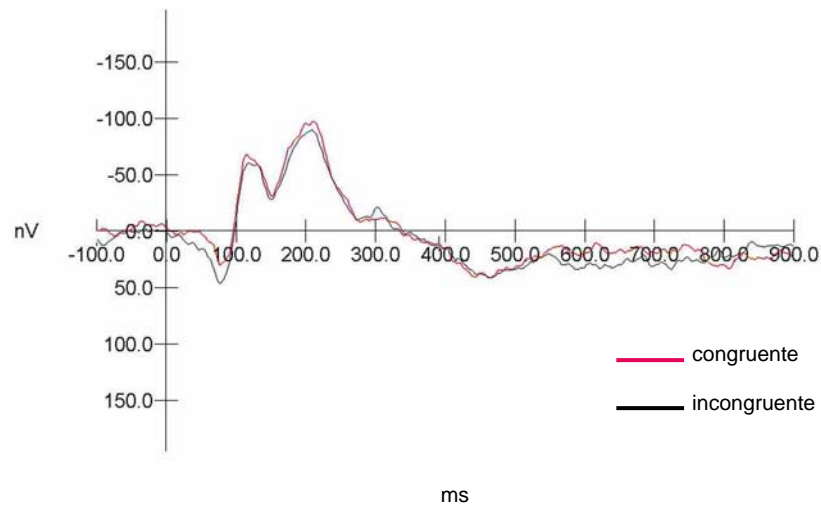


Fig. 1. Tracciati ERP derivati dalla media tra i 14 elettrodi e prodotti dalla presentazione di stimoli emotivi congruenti e incongruenti.

Bisogna inoltre sottolineare che, prendendo in considerazione separatamente i potenziali evocati registrati in corrispondenza delle diverse aree cerebrali, emergono sostanziali differenze.

Nell'area corticale frontale, come osservabile in figura 2, sono presenti una N100, una P100, una N200 e una N300.

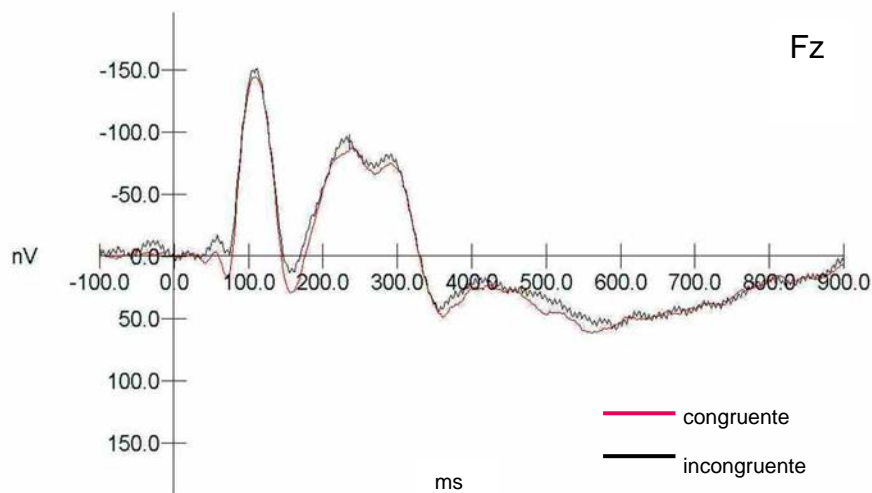


Fig. 2. Confronto tra condizione congruente e condizione incongruente nell'area frontale.

Nella regione centrale, rispetto a quella frontale, il segnale appare meno intenso. I picchi osservabili, se pure appunto meno accentuati, sono i medesimi: N100, una P100, una N200 e una N300 (vedi fig. 3).

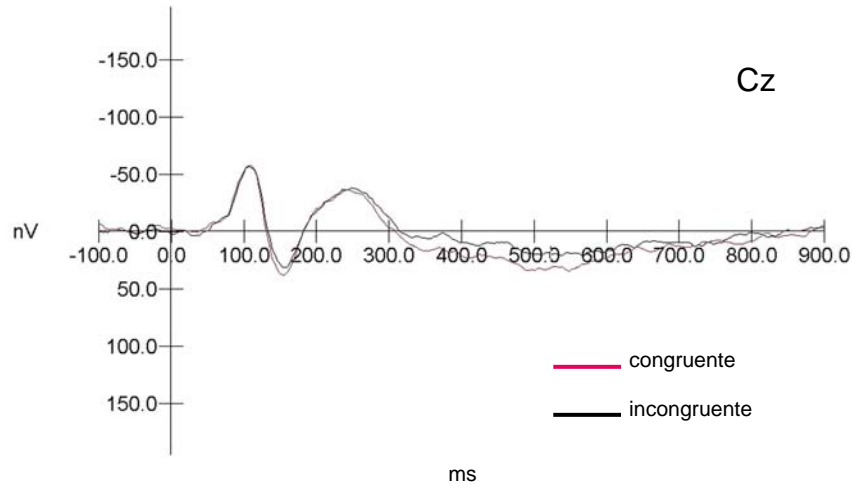


Fig. 3. Tracciati ERP in risposta alla presentazione di stimoli congruenti e incongruenti in corrispondenza della regione centrale.

I tracciati registrati nella parte posteriore della corteccia si differenziano nettamente da quelli rilevati nella zona anteriore.

Nell'area parietale il tracciato mostra infatti i seguenti fenomeni: una N100, una P100, una P200, una P300 e una N400 (vedi fig. 4).

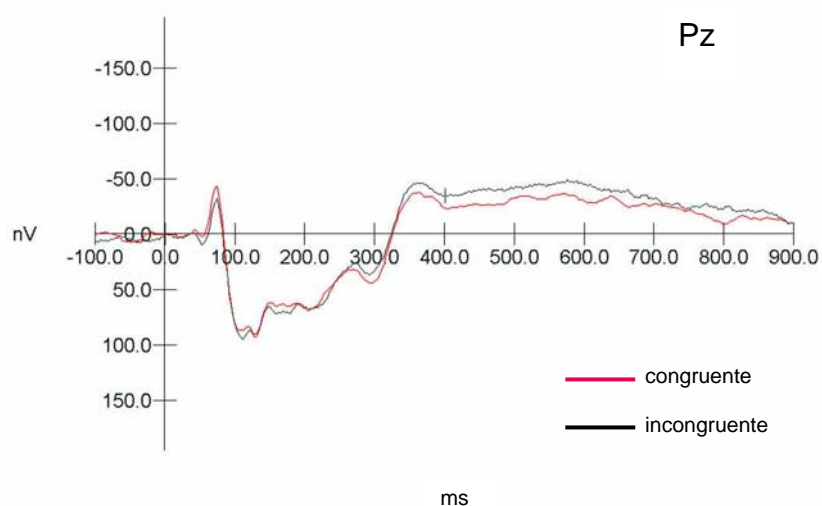


Fig. 4. Aree parietali: tracciati ERP in condizione di congruenza e di incongruenza.

Un andamento simile, con la presenza di una lieve N100, una P100, una P200, una P300 e una N400 si rileva in zona occipitale, come osservabile in figura 5.

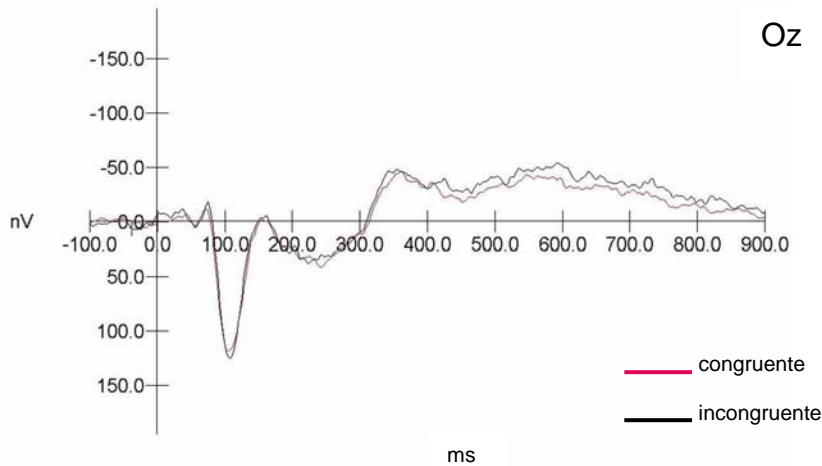


Fig. 5. Tracciati ERP osservabili in zona occipitale in seguito alla presentazione di coppie di stimoli congruenti e incongruenti.

3. I dati ERP: analisi statistica

Una prima fase di analisi dei dati di natura neuropsicologica è stata condotta mettendo a confronto gli effetti della congruenza/incongruenza delle coppie di stimoli, a prescindere dalla specifica emozione espressa da ciascuno di essi. Solo in un secondo momento, sono state poi prese in considerazione le singole emozioni, confrontandole tra loro sia per la condizione di congruenza sia per quella di incongruenza.

Dal momento che una preliminare analisi morfologica dei tracciati aveva fatto rilevare al loro interno la presenza di alcuni indici esplorati da precedenti studi, a partire dall'intero tracciato si è scelto di estrarre tramite l'applicazione di Macro in Excel i dati appartenenti a quattro finestre temporali e di analizzarli, (vedi tab. 1).

Finestra temporale	Indice ERP
0 - 150 ms	N100 P100
150 - 250 ms	N200 P200
250 - 350 ms	N300 P300
350 - 500 ms	N400

Tab. 1. Indici ERP indagati e relative finestre temporali da cui sono stati ricavati per condurre le analisi statistiche.

Per ciascun indice neuropsicologico, sono stati rilevati due parametri, utilizzati nelle analisi come variabili dipendenti:

- *intensità*: la massima intensità di espressione del picco rispetto al baseline, misurata in nanovolts (nV);
- *latenza*: tempo di comparsa del fenomeno, a partire dall'onset dello stimolo, misurata in millisecondi (ms).

La tabella 2 fornisce una descrizione delle variabili impiegate nelle analisi condotte su entrambi i parametri, illustrati nella tabella 3. Le ANOVA a misure ripetute sono state applicate in tutti i casi in cui l'ANOVA a disegno misto non abbia evidenziato alcuna influenza significativa del fattore task. Di conseguenza, nel presente capitolo, i risultati delle ANOVA a disegno misto verranno descritte soltanto nel caso in cui tale fattore sia risultato influente.

Variabile	Tipologia	Livelli
Condizione	within	3: congruente, incongruente, neutro
Elettrodo	within	14: F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3, Pz, P4, T3, T4, O1, Oz, O2
Localizzazione	within	4: frontale (Fz), centrale (Cz), parietale (Pz), occipitale (Oz)
Lateralizzazione	within	2: destra (media di F4, C4, P4, O2), sinistra (media di F3, C3, P3, O1)
Task	between	2: esplicito, implicito

Tab. 2. Variabili indipendenti impiegate nelle analisi condotte sui parametri intensità e latenza.

Anova a disegno misto task x condizione x elettrodo
Anova a misure ripetute condizione x elettrodo
Anova a disegno misto task x condizione x localizzazione
Anova a misure ripetute condizione x localizzazione
Anova a disegno misto task x condizione x lateralizzazione
Anova a misure ripetute condizione x lateralizzazione

Tab. 3 Analisi statistiche condotte in riferimento all'intensità e alla latenza per ciascuna finestra temporale.

Nella descrizione delle analisi che segue verranno presi in considerazione solo i risultati significativi.

3.1. Confronto tra stimoli emotivi congruenti e incongruenti

3.1.1. Indice N100

L'indice N100 è stato ricavato estraendo all'interno della finestra temporale 0 - 150 ms il valore minimo. Dal momento che l'indagine di tale precoce indice di natura percettiva solo parzialmente rientra negli scopi del presente studio, ci si è limitati a rilevarne l'intensità, trascurando invece la latenza.

Intensità

E' stata fatta girare una ANOVA con i fattori condizione ed elettrodo.

Quest'analisi ha evidenziato un effetto significativo della variabile condizione ($F(2, N = 30) = 11,740, p < ,001$). Tuttavia, dall'analisi dei contrasti è emersa un'assenza di differenze significative tra gli stimoli congruenti ($M = -,128; ds = ,010$) e incongruenti ($M = -,121; ds = ,009$). Più interessante è invece il dato relativo agli elettrodi ($F(13, N = 30) = 8,210, p < ,001$), che fa registrare valori notevolmente più elevati nelle aree corticali frontali, come confermato anche dall'analisi dei contrasti.

Al fine di esplorare più nello specifico tale fenomeno, sono state applicate un'ANOVA con i fattori condizione e localizzazione e la relativa analisi dei contrasti.

Ancora una volta, le analisi hanno confermato la prevalente localizzazione frontale dell'indice N100 ($F(3, N = 30) = 6,544, p < ,001$) (vedi fig. 6).

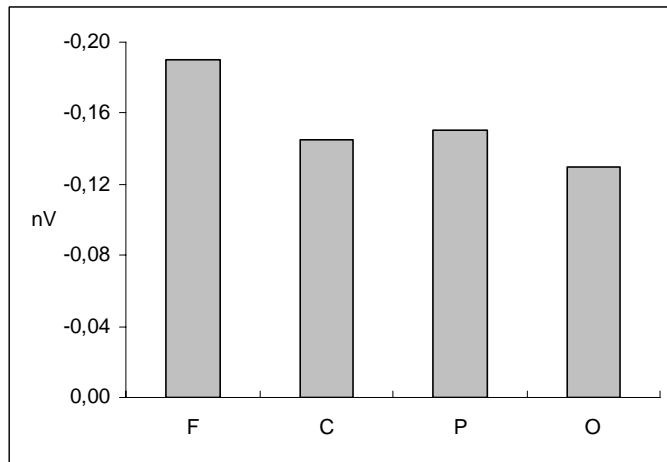


Fig. 6. Intensità di N100 nelle aree corticali frontale, centrale, parietale e occipitale.

Per concludere, abbiamo esplorato la possibile presenza di una lateralizzazione emisferica con un'ANOVA che ha utilizzato i fattori condizione e lateralizzazione, i cui risultati permettono di delineare il picco come un fenomeno prevalentemente lateralizzato nell'emisfero sinistro ($F(1, N = 30) = 4,549, p = ,42$), come osservabile in figura 7.

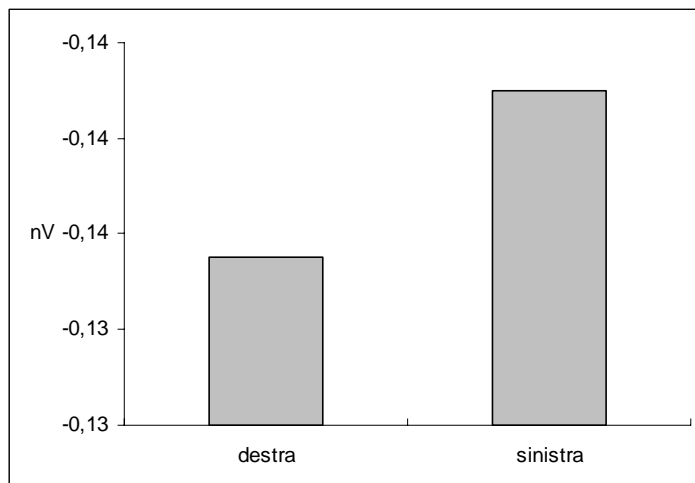


Fig. 7. Lateralizzazione sinistra del picco N100.

3.1.2. Indice P100

Estraendo il valore massimo tra quelli compresi nella finestra temporale 150 - 250 ms è stato ricavato l'indice P100, che è stato esplorato analizzandone

l'intensità. Dato che solo collateralmente tale indice cade nel focus della ricerca, le analisi relative alla latenza sono state tralasciate.

Intensità

Le analisi mostrano la presenza di una differente intensità di attivazione nelle diverse aree corticali ($F(1, N = 30) = 4,549, p = ,42$). Nello specifico, il picco risulta essere più ampio nella porzione posteriore della corteccia, come si rileva anche dai risultati dell'ANOVA che impiega i fattori condizione e localizzazione ($F(3, N = 30) = 15,258, p < ,001$) e dalla successiva analisi dei contrasti (vedi fig. 8).

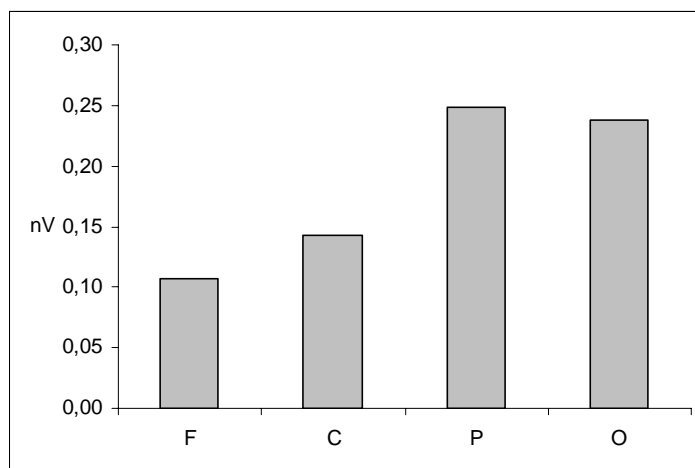


Fig. 8.
Localizzazione
del picco P100
rispetto ai lobi
frontali, centrali,
parietali e
occipitali.

Si rileva inoltre una tendenza alla significatività del fattore condizione ($F(2, N = 30) = 3,066, p = ,054$), sebbene l'analisi dei contrasti indichi che soltanto la condizione neutra presenta valori che si discostano dalle due condizioni sperimentali congruente ($M = ,151; ds = ,14$) e incongruente ($M = ,160; ds = ,11$). Infine, i dati mostrano come il fenomeno P100 sia maggiormente lateralizzato a destra ($F(1, N = 30) = 7,877, p = ,009$), come riportato in figura 9.

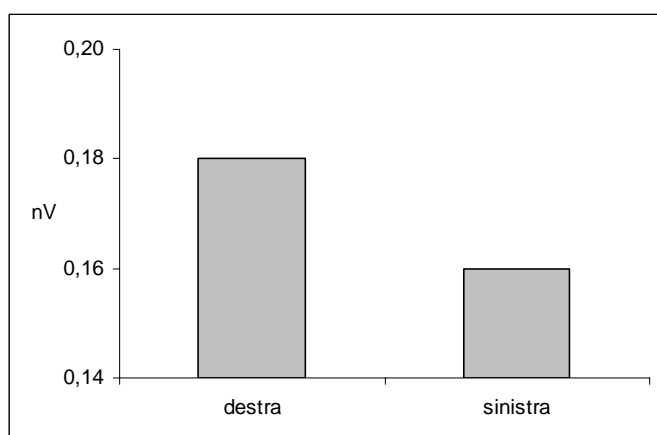


Fig. 9.
Lateralizzazione
destra
dell'indice P100.

3.1.3. Indice N200

L'indice N200 è stato ottenuto estraendo il valore minimo tra quelli compresi nella finestra temporale 150 - 250 ms. Si è quindi proceduto ad esplorarne l'intensità e la latenza.

Intensità

Tutti gli effetti esplorati dall'ANOVA a misure ripetute che ha utilizzato i fattori condizione ed elettrodo sono risultati significativi. In primo luogo, infatti, si è trovato che l'intensità del picco è influenzata dal tipo di stimolo ($F(2, N = 30) = 9,928$, $p < ,001$). Tuttavia, l'analisi dei contrasti non conferma la presenza di differenze significative per le due condizioni sperimentali congruente ($M = -,074$; $ds = ,013$) e incongruente ($M = -,071$; $ds = ,014$), ma solo per il neutro, che si discosta da esse. In secondo luogo, si rilevano delle differenze significative tra i diversi elettrodi ($F(13, N = 30) = 8,256$, $p < ,001$): come confermato dall'analisi dei contrasti, l'attivazione è massima nella zona frontale e, anche se in misura minore, nella zona centrale, per poi decrescere nelle aree posteriori.

Questa tendenza è stata riscontrata anche applicando un'ANOVA con i fattori condizione e localizzazione ($F(3, N = 30) = 11,460$, $p < ,001$), come è possibile osservare nella figura 10.

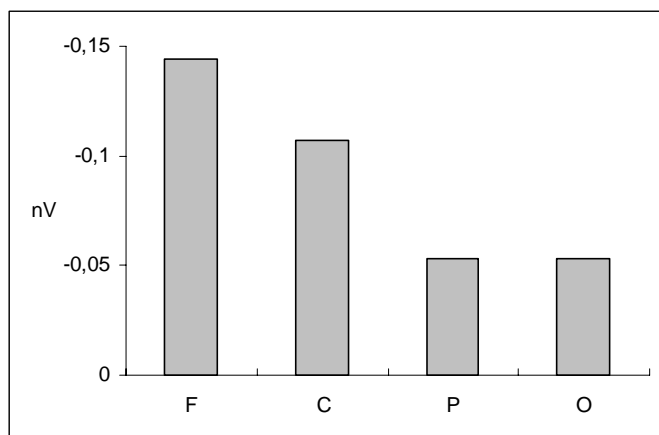


Fig. 10. Intensità del fenomeno N200 nelle aree frontali, centrali, parietali e occipitali.

Una più precisa caratterizzazione del picco è stata ottenuta esplorando l'effetto significativo di interazione condizione*localizzazione ($F(6, N = 30) = 8,106, p < ,001$): nelle aree frontali e centrali, infatti, l'intensità tende ad essere maggiormente accentuata in tutti i casi, ma soprattutto nella condizione di incongruenza; nelle aree posteriori, al contrario, sono gli stimoli incongruenti a produrre un picco maggiormente accentuato (vedi fig. 11).

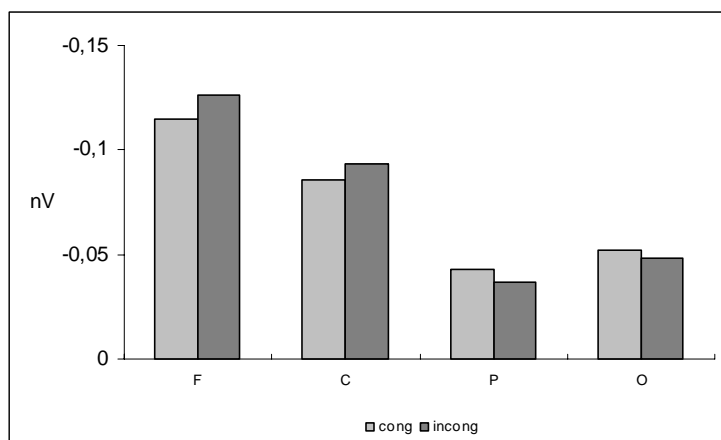


Fig. 11. Indice N200: intensità del picco nei diversi lobi, in risposta a stimoli congruenti e incongruenti.

Latenza

L'ANOVA a disegno misto che ha impiegato i fattori task, condizione ed elettrodo indica che la latenza di picco della N200 varia nelle diverse porzioni di corteccia cui sono stati applicati gli elettrodi ($F(13, N = 30) = 5,602, p < ,001$). In particolare, il segnale risulta essere più ritardato nelle aree frontali, centrali e parietali e più precoce invece in quelle temporali e occipitali. Emerge anche un effetto di interazione task*condizione*elettrodo ($F(26, N = 30) = 1,815, p = ,008$): gli stimoli incongruenti producono un'attivazione più tardiva dei congruenti nella condizione implicita, soprattutto nelle aree anteriori, differenza che non si registra invece nel task esplicito. Inoltre, nella condizione congruente, il task esplicito produce una latenza maggiore nelle zone parietali e occipitali, mentre nella condizione incongruente produce un'attivazione più ritardata a livello della corteccia centrale e parietale (vedi fig. 12).

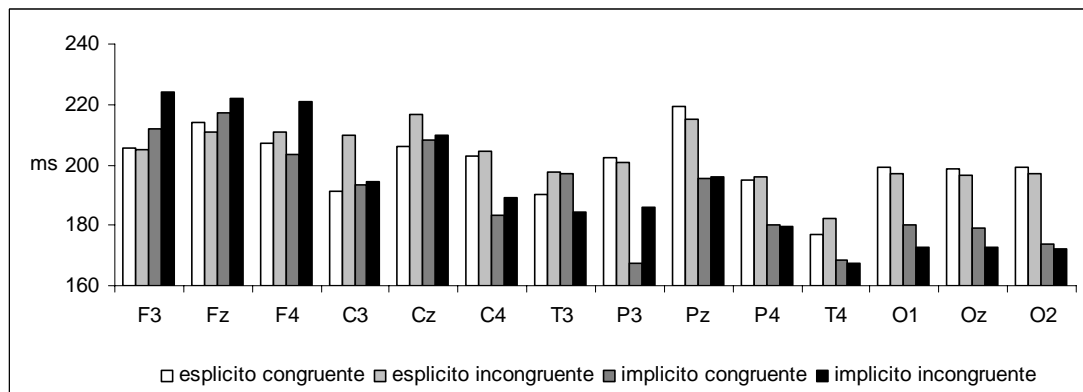


Fig. 12. Indice N200 in funzione dei diversi elettrodi, in condizione di congruenza e di incongruenza e in caso di consegna esplicita e implicita.

L'ANOVA a misure ripetute con i fattori condizione e localizzazione ha ulteriormente evidenziato l'esistenza di una differente latenza di attivazione delle diverse aree corticali, con una sostanziale omogeneità in quelle frontali, centrali e parietali ed invece tempi anticipati nella zona occipitale ($F(3, N = 30) = 5,605, p = ,001$), come confermato dall'analisi dei contrasti e come evidenziato in figura 13, dove si nota il progressivo ridursi dei tempi di attivazione col passaggio dalla porzione anteriore a quella posteriore della corteccia.

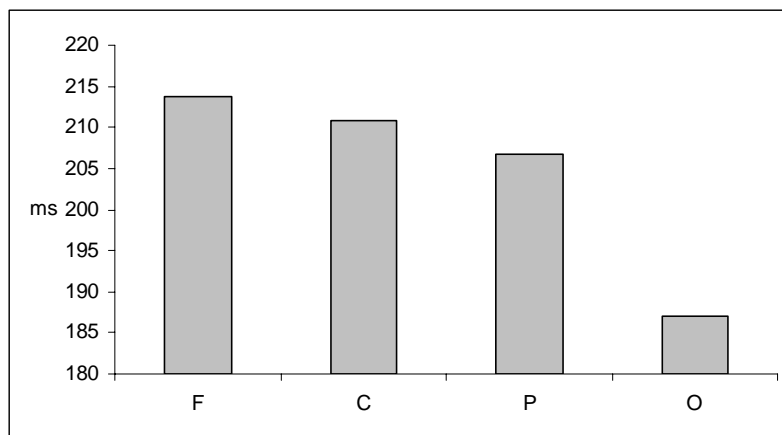


Fig. 13. Tempi di attivazione della N200 nelle aree frontali, centrali, parietali e occipitali.

Un'ultima analisi ha rivelato l'esistenza di un triplice effetto di interazione task*lateralizzazione*condizione ($F(2, N = 30) = 9,623, p < ,001$): quando il task è implicito, rispetto a quando è esplicito, si nota una maggiore differenziazione tra la condizione di congruenza, più anticipata, e di incongruenza, che ha invece tempi più ritardati. Allo stesso modo, sempre nel caso di task implicito, si registrano tempi di

attivazione più brevi nell'emisfero destro rispetto che nel sinistro, differenza non rilevabile invece quando il compito è esplicito (vedi fig. 14).

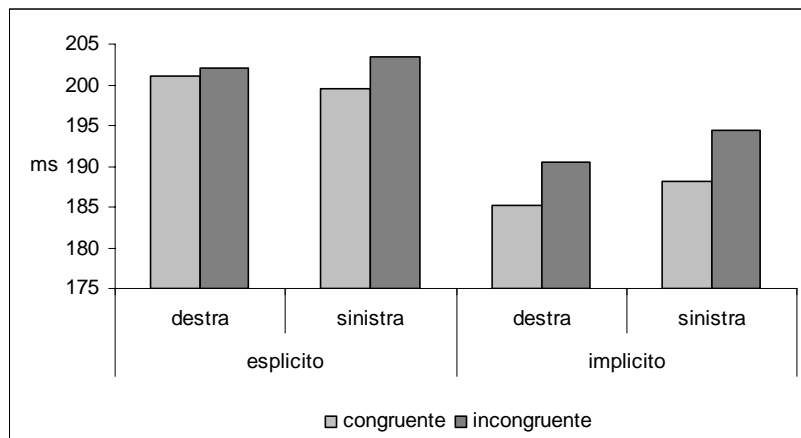


Fig. 14. Tempi di latenza del picco N200 negli emisferi destro e sinistro, in risposta a coppie di stimoli congruenti e incongruenti e con consegna esplicita e implicita.

3.1.4. Indice P200

L'indice P200 è stato ricavato estraendo il valore massimo nella finestra temporale 150 - 250 ms. Di seguito ne verranno esposti i dati relativi a intensità e latenza.

Intensità

La P200 presenta una differente intensità nelle diverse zone corticali considerate ($F(2, N = 30) = 21,608, p = ,039$), con un'amplificazione del picco nelle aree parietali, come emerso dall'ANOVA a misure ripetute e confermato dall'analisi dei contrasti ripetuta. La medesima analisi fa rilevare inoltre la significatività del fattore condizione ($F(2, N = 30) = 3,066, p = ,054$). Tuttavia, l'analisi dei contrasti indica che soltanto la condizione neutra presenta valori che si discostano dalle due condizioni sperimentali congruente ($M = ,178; ds = ,012$) e incongruente ($M = ,178; ds = ,013$), che invece non differiscono tra loro. L'effetto di interazione condizione*elettrodo ($F(26, N = 30) = 2,617, p < ,001$) indica che, tendenzialmente, nelle aree anteriori il picco è più ampio quando il volto e la voce sono congruenti, mentre nelle zone posteriori è più accentuato quando gli stimoli sono incongruenti. Anche in questo caso, però, a produrre delle differenziazioni significative è soltanto la condizione neutra.

Questi effetti sono meglio delineati dall'ANOVA che ha utilizzato i fattori condizione e localizzazione e dalla relativa analisi dei contrasti, che evidenzia l'esistenza di un effetto principale della localizzazione ($F(3, N = 30) = 11,725, p < ,001$), con una massima intensità in zone parietale (vedi fig. 15), e un effetto di duplice interazione condizione x localizzazione ($F(6, N = 30) = 3,580, p = ,002$) che ripropone sinteticamente quanto emerso dalla precedente analisi, e cioè l'assenza di differenze tra la condizione congruente e quella incongruente.

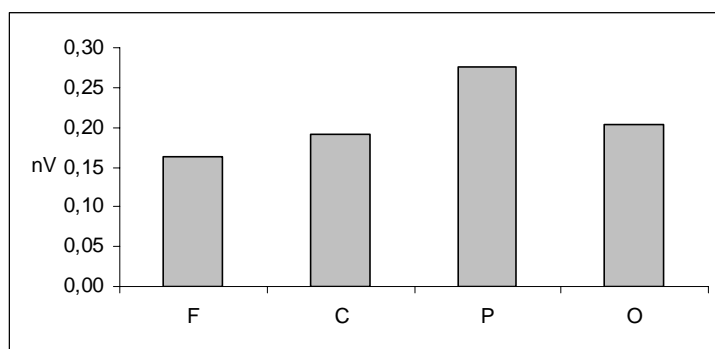


Fig. 15.
Localizzazione
del picco P200.

Latenza

L'ANOVA a disegno misto che ha incrociato i fattori task, condizione ed elettrodo ha messo in evidenza due effetti principali, il task e l'elettrodo, e un effetto di interazione, ovvero condizione*elettrodo.

Per quanto concerne il task ($F(1, N = 30) = 4,696, p = ,039$), quando la consegna è esplicita i tempi di latenza sono più veloci rispetto a quando rimane implicita, come è possibile osservare in figura 16.

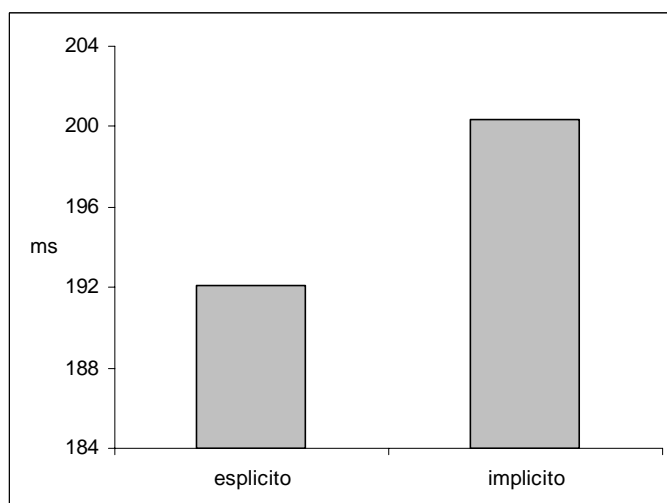


Fig. 16. Tempi
di latenza del
picco P200 in
presenza di
consegna
sperimentale
esplicita e
implicita.

Esaminando la differenziazione tra le diverse porzioni corticali individuate dagli elettrodi ($F(13, N = 30) = 6,898, p < ,001$), si nota come i tempi siano notevolmente più ritardati posteriormente, come del resto delineato anche dai risultati della successiva analisi relativa alla localizzazione ($F(3, N = 30) = 5,147, p < ,003$) riportati in fig. 17. L'analisi dei contrasti ha evidenziato il fatto che sono soprattutto i tempi di latenza dell'area occipitale a discostarsi dai tempi registrati nelle diverse posizioni della corteccia.

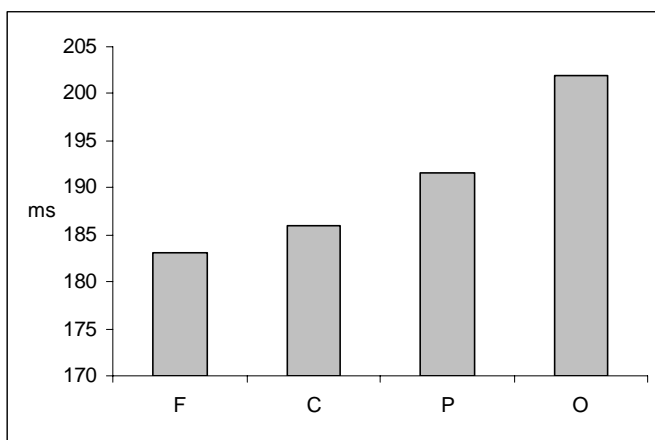


Fig. 17. Tempi di latenza dell'indice P200 nelle diverse aree corticali.

Come precedentemente riportato, i tempi di latenza risentono anche dell'interazione tra gli elettrodi e la condizione ($F(26, N = 30) = 1,508, p = ,051$): nella condizione congruente infatti la latenza è più elevata nelle aree anteriori, mentre in quella incongruente è ritardata posteriormente (vedi fig. 18).

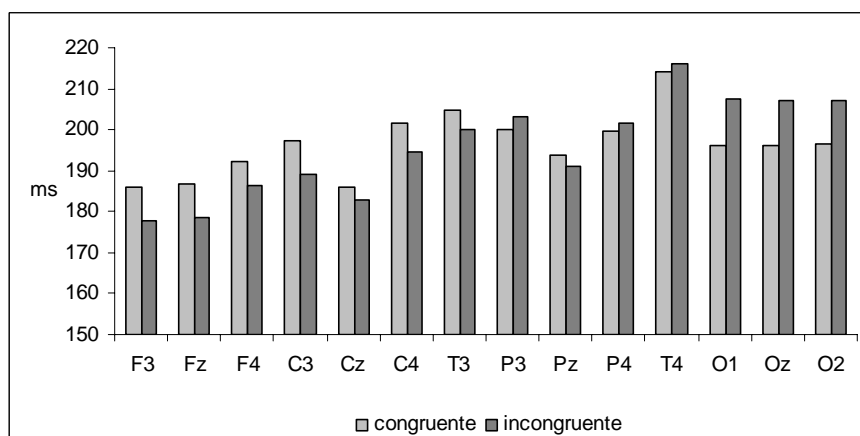


Fig. 18. Latenza della P200 in risposta alla presentazione di coppie di stimoli congruenti e incongruenti.

3.1.5. Indice N300

L'indice N300 deriva dall'estrazione del valore minimo all'interno della finestra temporale 250 - 350 ms. Le analisi hanno evidenziato la presenza di diversi fenomeni di interesse relativi sia all'intensità sia alla latenza.

Intensità

Le analisi indicano che l'intensità del picco è influenzata dal tipo di stimolazione ($F(2, N = 30) = 4,868, p = ,011$). Tuttavia, l'analisi dei contrasti rivela l'assenza di differenze significative per le due condizioni sperimentali congruente ($M = 307,98; ds = 3,62$) e incongruente ($M = 306,83; ds = 4,36$): solo la condizione neutra presenta valori che si discostano da quelli delle altre due condizioni. L'intensità del fenomeno è particolarmente accentuata nella zona frontale e decresce poi posteriormente ($F(13, N = 30) = 8,895 p < ,001$). Più nello specifico, dai risultati emerge che è soprattutto nella condizione di incongruenza che nella zona anteriore i valori di intensità sono più elevati ($F(26, N = 30) = 3,786 p < ,001$) (vedi fig. 19).

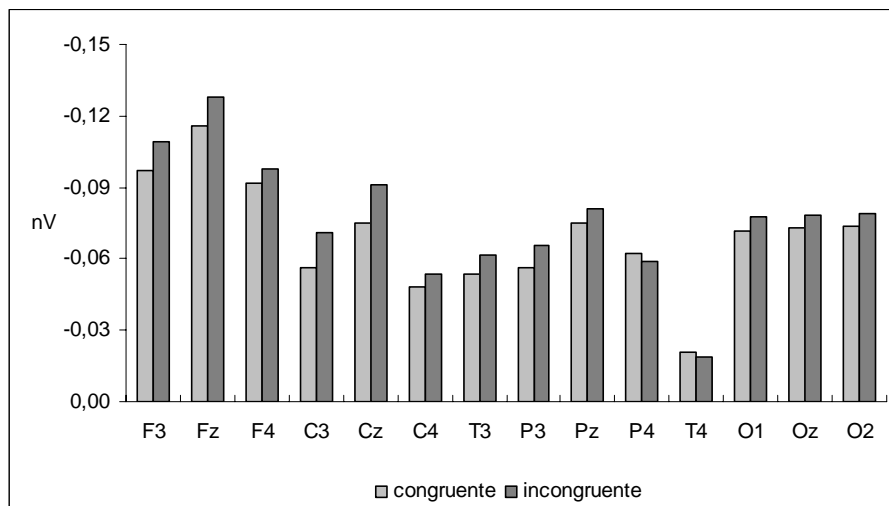


Fig 19.
Distribuzione dell'intensità della N300 rispetto agli elettrodi, in risposta a coppie volto/voce congruenti e incongruenti.

L'ANOVA con i fattori localizzazione e condizione indica la presenza di due effetti significativi, relativi l'uno alla localizzazione ($F(3, N = 30) = 6,833 p < ,001$) e l'altro all'interazione tra localizzazione e condizione ($F(6, N = 30) = 4,870 p < ,001$). Dai test dei contrasti emerge più nel dettaglio quanto illustrato precedentemente,

ovvero l'intensificazione del picco nella corteccia frontale, fenomeno particolarmente accentuato a seguito della presentazione di stimoli incongruenti (vedi fig. 20).

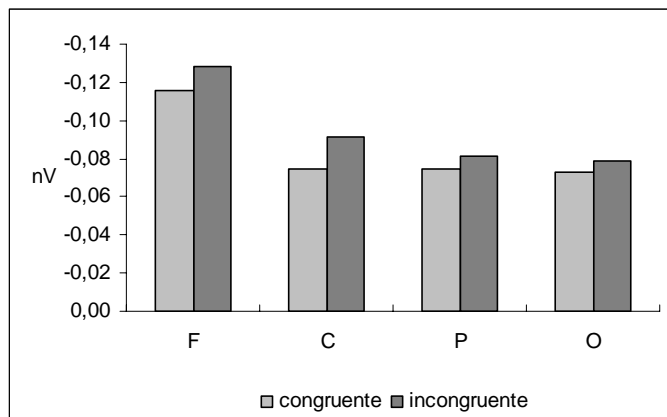


Fig. 20. Intensità del fenomeno N300 nelle aree frontali, centrali, parietali e occipitali in condizione di congruenza e incongruenza.

Latenza

Dall'ANOVA a disegno misto che ha incrociato i fattori task, condizione ed elettrodo emergono numerosi effetti significativi. In primo luogo l'analisi segnala un'influenza della condizione sui tempi di latenza ($F(2, N = 30) = 4,766 p = ,012$); tuttavia, l'analisi dei contrasti indica che gli unici valori che si discostano significativamente dagli altri sono quelli della condizione neutra, con una sostanziale sovrapposizione tra quelli della condizione congruente ($M = 308,29$; $ds = 3,27$) e incongruente ($M = 306,39$; $ds = 3,95$). Più interessante è il fatto che i tempi sono notevolmente più precoci in caso di task esplicito ($F(1, N = 30) = 5,274 p = ,029$), come si può notare in fig. 21.

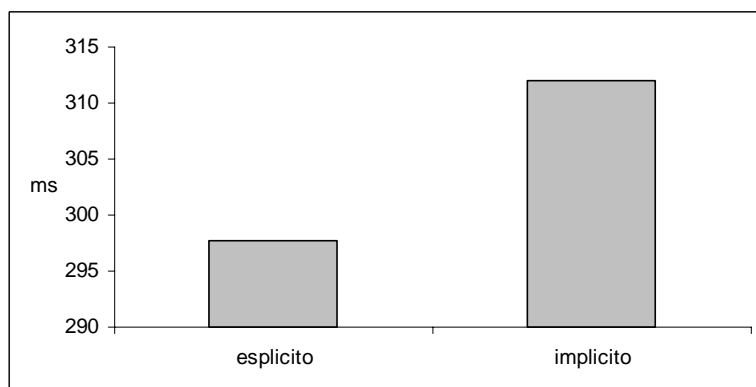


Fig 21. Tempi di latenza della N300 in presenza di consegna esplicita e implicita.

Gli effetti significativi elettrodo ($F(13, N = 30) = 28,395 p < ,001$), condizione x elettrodo ($F(26, N = 30) = 3,046 p < ,001$) ed elettrodo per task ($F(13, N = 30) = 2,587 p$

= ,002) sono efficacemente e sinteticamente illustrati dai risultati della successiva ANOVA che ha impiegato i fattori task, condizione e localizzazione. Quest'ultima analisi infatti indica che la N300 è notevolmente ritardata nelle aree corticali posteriori ($F(3, N = 30) = 3,462 p < ,001$), rispetto a quelle anteriori (vedi fig. 22a), soprattutto in presenza di stimoli incongruenti ($F(6, N = 30) = 3,482 p = ,003$) (vedi fig. 22b). Inoltre, essa è sensibile al tipo di consegna sperimentale, presentando tempi più lunghi quando il task è di natura implicita, soprattutto posteriormente ($F(3, N = 30) = 4,682 p = ,005$) (vedi fig. 22 c).

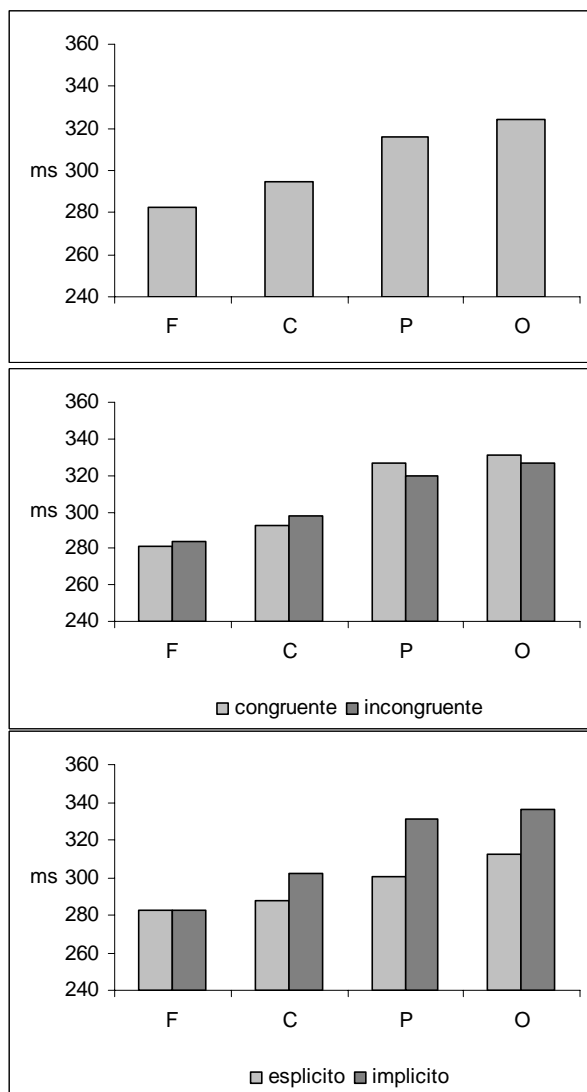


Fig. 22. Latenza di picco della N300 nelle aree frontali, centrali, parietali e occipitali (a), in funzione dell'interazione tra tipo di condizione e localizzazione (b) e tra tipo di compito e localizzazione (c).

Per concludere, le analisi hanno evidenziato un duplice effetto lateralizzazione*condizione sui tempi di latenza ($F(2, N = 30) = 5,742$ $p = ,005$): come osservabile in tabella 4, le medie indicano che nelle condizioni di congruenza e incongruenza i tempi sono più ritardati nell'emisfero sinistro, mentre nella condizione neutra lo sono nell'emisfero destro.

	congruente	incongruente	neutro
destra	314,8	310,2	299,5
sinistra	312,3	307,3	304,6

Tab. 4. Tempi di latenza del picco N300 nei due emisferi, in funzione delle condizioni sperimentali congruente, incongruente e neutra.

3.1.6. Indice P300

L'indice P300 è stato ottenuto estraendo il valore massimo all'interno della finestra temporale 250 - 350 ms. Di seguito, verranno esposti i risultati delle analisi relative all'intensità e alla latenza del picco.

Intensità

Dall'ANOVA a disegno misto con i fattori task, condizione ed elettrodo emergono diversi risultati significativi: l'effetto elettrodo ($F(13, N = 30) = 14,530$ $p < ,001$), l'effetto condizione*elettrodo ($F(26, N = 30) = 2,288$ $p < ,001$) e l'effetto task*condizione*elettrodo ($F(26, N = 30) = 2,285$ $p < ,001$). Questi dati sono più efficacemente rappresentabili grazie ai dati della successiva analisi, che descrivono in primo luogo la P300 come un fenomeno specificamente posteriore ($F(3, N = 30) = 12,484$ $p < ,001$) e soprattutto parietale (vedi fig. 23).

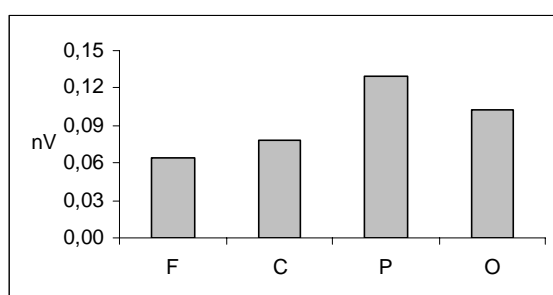


Fig. 23.
Localizzazione
dell'indice P300.

Inoltre, la figura 24 indica che è proprio nell'area posteriore, e soprattutto parietale, che si manifesta una differenziazione relativa al task, con un'accentuazione del picco quando il compito rimane implicito rispetto a quando è esplicito ($F(3, N = 30) = 12,484 p < ,001$). Questa marcata differenziazione non si rileva invece nelle aree anteriori della corteccia.

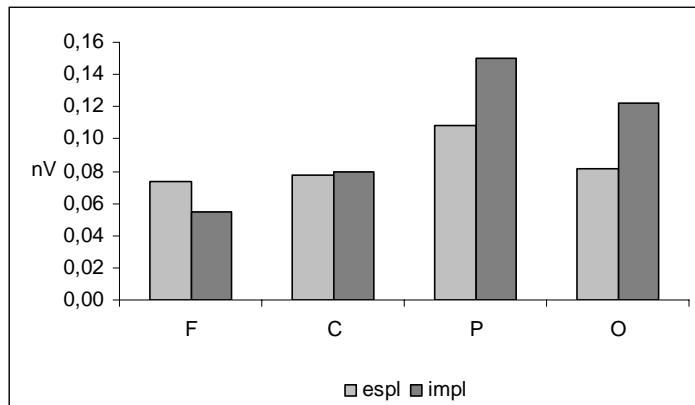


Fig. 24. Rappresentazione dell'indice P300 in condizione di task esplicito e implicito nelle diverse aree corticali.

Infine, l'analisi indica anche la presenza di un'interazione significativa tra la condizione e la localizzazione ($F(6, N = 30) = 2,672 p = ,017$) e tra la condizione, la localizzazione e il task ($F(6, N = 30) = 2,541 p = ,022$). L'analisi dei contrasti tuttavia indica che è in realtà la condizione neutra a discostarsi in modo significativo dalle condizioni sperimentali.

Latenza

Rispetto alla latenza, l'unico dato significativo riguarda gli elettrodi ($F(13, N = 30) = 26,448 p < ,001$) e la localizzazione ($F(3, N = 30) = 34,847 p < ,001$): i tempi infatti sono più ritardati nell'area anteriore, come illustrato in figura 25.

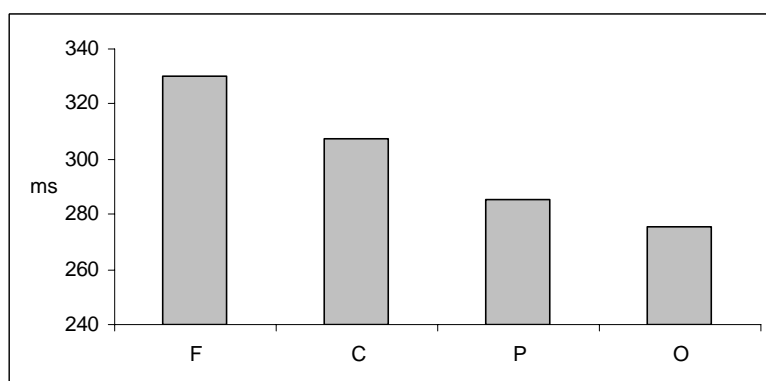


Fig. 25. Latenza della P300 nelle zone frontali, centrali, parietali e occipitali.

3.1.7. Indice N400

L'indice N400 è stato ottenuto estraendo il valore minimo all'interno della finestra temporale 350 - 500 ms. Di seguito, verranno esposti i risultati delle analisi.

Intensità

Il picco N400 si connota come un fenomeno posteriore, come emerge dall'ANOVA con i fattori condizione ed elettrodo ($F(13, N = 30) = 23,538 p < ,001$) e dall'ANOVA con i fattori condizione e localizzazione ($F(3, N = 30) = 18,051 p < ,001$) e come osservabile in figura 26.

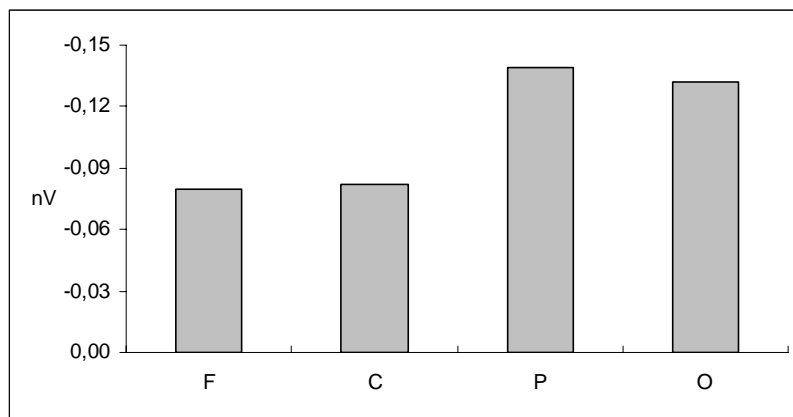


Fig. 26.
Localizzazione
della N400.

Latenza

Le analisi effettuate indicano unicamente la presenza di tempi di latenza più veloci nelle aree anteriori e più ritardati in quelle posteriori ($F(13, N = 30) = 3,698 p < ,001$).

3.2. L'universo emotivo: le analisi emotion-by-emotion

Per esplorare la possibile presenza di differenziazioni all'interno dell'universo delle emozioni congruenti e per metterle a confronto con la condizione sperimentale di incongruenza, sono state applicate a ciascuna delle medesime finestre temporali precedentemente descritte le seguenti analisi accompagnate, dove necessario, da un'analisi dei contrasti:

- Anova a disegno misto localizzazione (var. within a 4 livelli: frontale, centrale, parietale, occipitale) x emozione (var. within a 6 livelli: disgusto, gioia, paura, rabbia, sorpresa, tristezza) x task (var. between a 2 livelli: esplicito, implicito)
- Anova a misure ripetute localizzazione (var. within a 4 livelli: frontale, centrale, parietale, occipitale) x emozione (var. within a 6 livelli: disgusto, gioia, paura, rabbia, sorpresa, tristezza)
- Anova a disegno misto condizione (var. within a 2 livelli: disgusto, incongruente) x localizzazione (var. within a 4 livelli: frontale, centrale, parietale, occipitale) x task (var. between a 2 livelli: esplicito, implicito)
- Anova a misure ripetute condizione (var. within a 2 livelli: disgusto, incongruente) x localizzazione (var. within a 4 livelli: frontale, centrale, parietale, occipitale)
- Anova a disegno misto condizione (var. within a 2 livelli: gioia, incongruente) x localizzazione (var. within a 4 livelli: frontale, centrale, parietale, occipitale) x task (var. between a 2 livelli: esplicito, implicito)
- Anova a misure ripetute condizione (var. within a 2 livelli: gioia, incongruente) x localizzazione (var. within a 4 livelli: frontale, centrale, parietale, occipitale)
- Anova a disegno misto condizione (var. within a 2 livelli: paura, incongruente) x localizzazione (var. within a 4 livelli: frontale, centrale, parietale, occipitale) x task (var. between a 2 livelli: esplicito, implicito)
- Anova a misure ripetute condizione (var. within a 2 livelli: paura, incongruente) x localizzazione (var. within a 4 livelli: frontale, centrale, parietale, occipitale)
- Anova a disegno misto condizione (var. within a 2 livelli: rabbia, incongruente) x localizzazione (var. within a 4 livelli: frontale, centrale, parietale, occipitale) x task (var. between a 2 livelli: esplicito, implicito)
- Anova a misure ripetute condizione (var. within a 2 livelli: rabbia, incongruente) x localizzazione (var. within a 4 livelli: frontale, centrale, parietale, occipitale)
- Anova a disegno misto condizione (var. within a 2 livelli: sorpresa, incongruente) x localizzazione (var. within a 4 livelli: frontale, centrale, parietale, occipitale) x task (var. between a 2 livelli: esplicito, implicito)

- Anova a misure ripetute condizione (var. within a 2 livelli: sorpresa, incongruente) x localizzazione (var. within a 4 livelli: frontale, centrale, parietale, occipitale)
- Anova a disegno misto condizione (var. within a 2 livelli: tristezza, incongruente) x localizzazione (var. within a 4 livelli: frontale, centrale, parietale, occipitale) x task (var. between a 2 livelli: esplicito, implicito)
- Anova a misure ripetute condizione (var. within a 2 livelli: tristezza, incongruente) x localizzazione (var. within a 4 livelli: frontale, centrale, parietale, occipitale)

3.2.1. Indice N100

Intensità

Confronto tra emozioni

Le analisi condotte evidenziano l'assenza di differenze nell'intensità del picco dovute al tipo di emozione o al task. Si rileva invece una differenziazione del segnale rispetto alla localizzazione ($F(3, N = 30) = 4,877$ $p = ,004$): le emozioni congruenti infatti producono un picco più accentuato in area frontale e parietale (vedi tab. 5).

	M	DS	
F	-,226	,016	Tab 5. Intensità della N100 elicitata dalle emozioni congruenti.
C	-,187	,015	
P	-,205	,019	
O	-,179	,014	

Confronto tra le singole emozioni congruenti e la condizione incongruente

Disgusto/incongruente

L'ANOVA indica che la N100 è più intensa in presenza di stimoli congruenti esprimenti il disgusto rispetto che in presenza di stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 21,236$ $p < ,001$), come osservabile in fig. 28; inoltre, il fenomeno è prevalentemente frontale ($F(3, N = 30) = 6,133$ $p = ,001$) (vedi tab. 6).

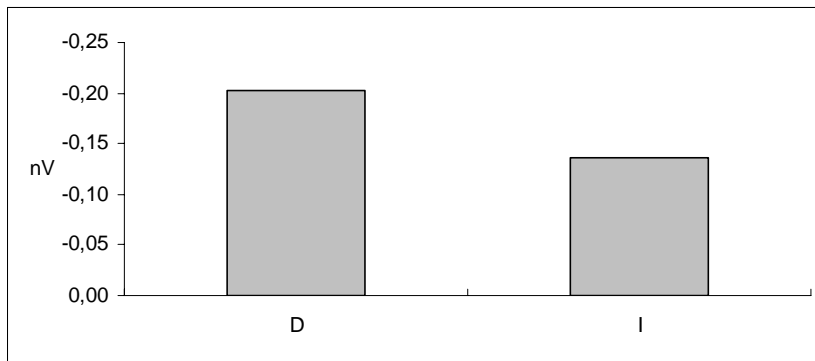


Fig. 28. Intensità del picco N100 in risposta a stimoli congruenti esprimenti disgusto e a stimoli incongruenti.

Gioia/incongruente

Il picco N100 è più intenso in seguito alla presentazione di stimoli congruenti esprimenti gioia rispetto che in presenza di stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 7,005$ $p = ,013$) (vedi fig. 29); inoltre, il fenomeno è soprattutto frontale ($F(3, N = 30) = 3,612$ $p = ,016$) (vedi tab. 6).

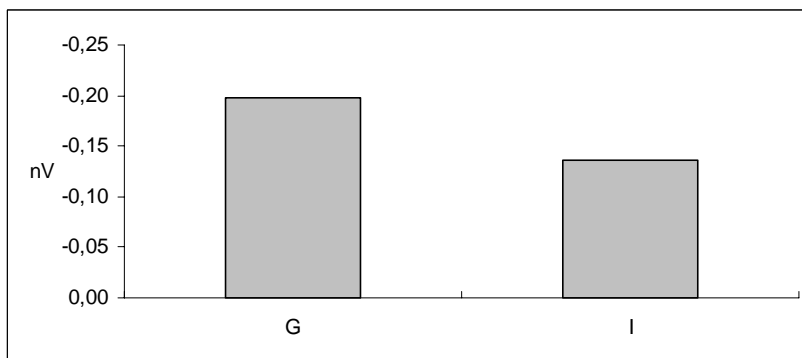


Fig. 29. Intensità del picco N100 in risposta a stimoli congruenti esprimenti gioia e a stimoli incongruenti.

Paura/incongruente

Gli stimoli congruenti esprimenti paura, rispetto agli stimoli incongruenti, producono valori di N100 più elevati ($F(1, N = 30) = 5,741$ $p = ,023$) (vedi fig. 30); inoltre, il fenomeno è soprattutto frontale ($F(3, N = 30) = 6,012$ $p = ,001$) (vedi tab. 6).

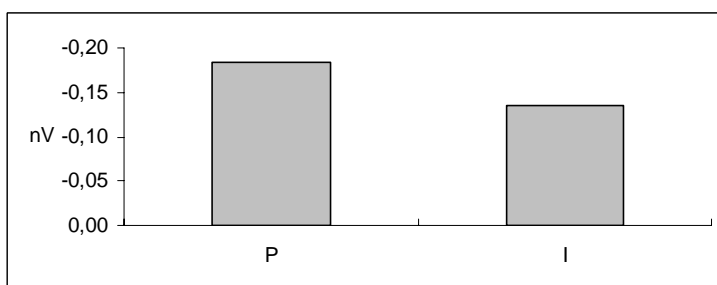


Fig. 30. Intensità del picco N100 in risposta a stimoli congruenti esprimenti paura e a stimoli incongruenti.

Rabbia/incongruente

Gli stimoli congruenti esprimenti rabbia, rispetto agli stimoli incongruenti, producono un picco N100 più accentuato ($F(1, N = 30) = 8,242 p = ,008$) (vedi fig. 31); inoltre, il fenomeno è soprattutto frontale ($F(3, N = 30) = 4,549 p = ,005$) (vedi tab. 6).

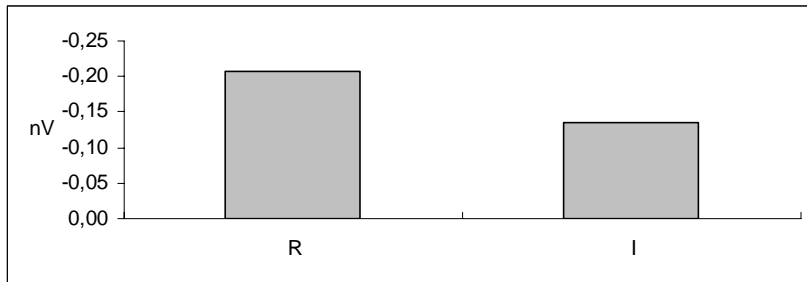


Fig. 31. Intensità del picco N100 in risposta a stimoli congruenti esprimenti rabbia e a stimoli incongruenti.

Sorpresa/incongruente

Il picco N100 è più intenso in seguito alla presentazione di stimoli congruenti esprimenti sorpresa rispetto che in presenza di stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 24,293 p < ,001$) (vedi fig. 32); inoltre, ancora una volta, il fenomeno è soprattutto frontale ($F(3, N = 30) = 3,612 p = ,016$) (vedi tab. 6).

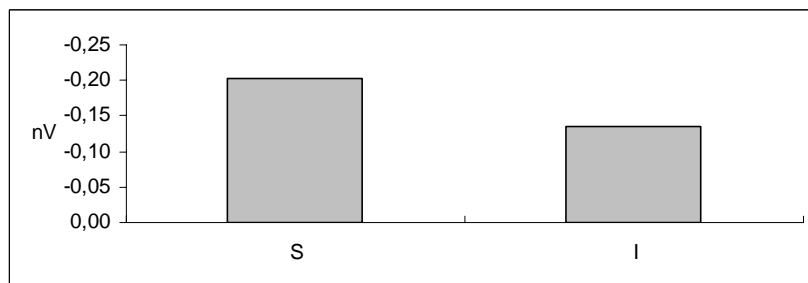


Fig. 32. Intensità del picco N100 in risposta a stimoli congruenti esprimenti sorpresa e a stimoli incongruenti.

Inoltre, si rileva un'interazione tra il tipo di stimolo e la localizzazione ($F(3, N = 30) = 6,271 p = ,001$), che indica come sia soprattutto in area parietale che si verifica una differenziazione del picco in funzione della condizione sperimentale, con valori molto più elevati in caso di stimoli congruenti esprimenti sorpresa. Gli stimoli incongruenti invece producono i valori più elevati in zona frontale (vedi fig. 33).

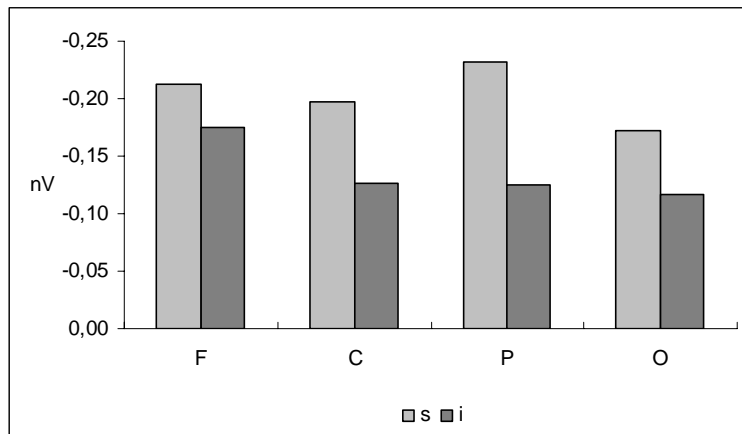


Fig. 33. Intensità del picco N100 in risposta a stimoli congruenti esprimenti sorpresa e a stimoli incongruenti nelle diverse aree corticali.

Tristezza/incongruente

Gli stimoli congruenti esprimenti tristezza, rispetto agli stimoli incongruenti, producono un picco N100 più accentuato ($F(1, N = 30) = 24,820 p < ,001$) (vedi fig. 34); inoltre, il fenomeno è soprattutto frontale ($F(3, N = 30) = 4,578 p = ,005$) (vedi tab. 6).

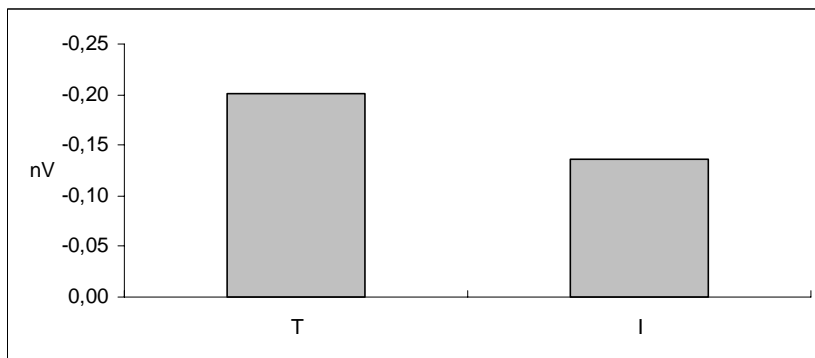


Fig. 34. Intensità del picco N100 in risposta a stimoli congruenti esprimenti tristezza e a stimoli incongruenti.

	D-I		G-I		P-I		R-I		S-I		T-I	
	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds
F	-,20	,01	-,19	,01	-,20	,01	-,20	,01	-,19	,01	-,20	,01
C	-,15	,01	-,15	,01	-,14	,01	-,15	,01	-,16	,01	-,16	,01
P	-,16	,01	-,15	,01	-,14	,02	-,17	,02	-,17	,01	-,16	,01
O	-,14	,01	-,15	,01	-,14	,01	-,15	,01	-,14	,01	-,14	,01

Tab 6. Media e deviazione standard dei valori della N100 nelle diverse aree corticali, per ciascuna emozione congruente confrontata con la condizione incongruente.

3.2.2. *Indice P100*

Intensità

Confronto tra emozioni

Le analisi evidenziano una differenziazione del segnale rispetto alla localizzazione ($F(3, N = 30) = 15,610 p < ,001$): le emozioni congruenti, infatti, producono un picco P100 che si presenta come un fenomeno posteriore (vedi tab. 7).

	M	DS
F	,164	,015
C	,187	,013
P	,291	,023
O	,276	,022

Tab 7. Localizzazione della P100 elicitata dalle emozioni congruenti.

*Confronto tra le singole emozioni congruenti e la condizione incongruente**Disgusto/incongruente*

La P100 è maggiormente accentuata in caso di presentazione di stimoli esprimenti disgusto rispetto che di stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 4,622 p = ,040$) (vedi fig. 35). Inoltre, il picco è un fenomeno spiccatamente posteriore ($F(3, N = 30) = 13,552 p < ,001$) (vedi tab. 8).

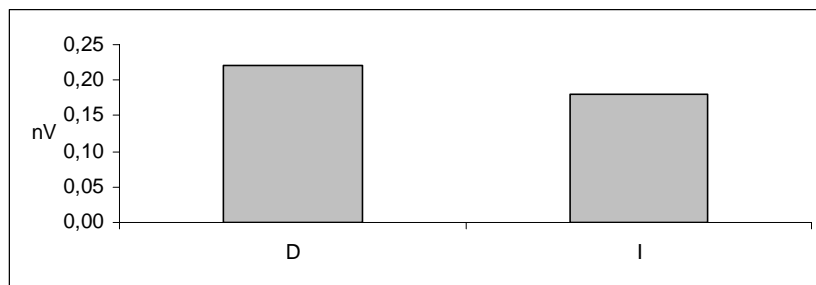


Fig. 35. Intensità del picco P100 in seguito alla presentazione di volti e voci esprimenti disgusto e di volti e voci incongruenti.

Gioia/incongruente

Il picco prodotto dagli stimoli esprimenti gioia mostra un'intensità maggiore rispetto a quello prodotto dagli stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 11,457 p < ,001$) (vedi fig. 36). Esso, inoltre, si connota come un fenomeno posteriore, come osservabile in tabella 8 ($F(3, N = 30) = 15,978 p < ,001$).

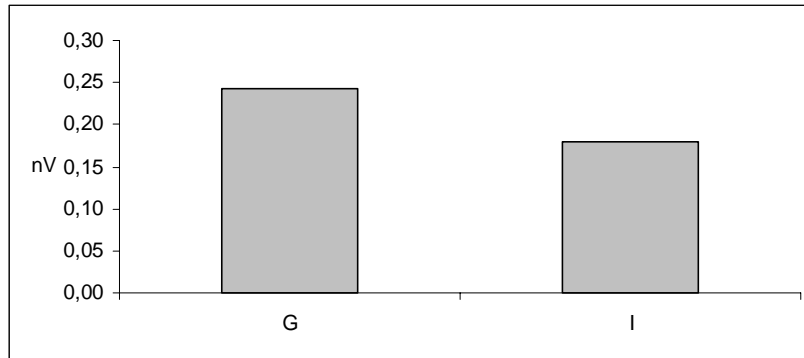


Fig. 36. Intensità del picco P100 in seguito alla presentazione di stimoli esprimenti gioia e di stimoli incongruenti.

Paura/incongruente

Il picco P100, quando elicitato da stimoli esprimenti paura, è sensibile al fattore localizzazione ($F(3, N = 30) = 15,310$ $p < ,001$), con una prevalenza posteriore e soprattutto parietale (vedi tab. 8), e al tipo di task ($F(1, N = 30) = 5,290$ $p = ,029$), con valori più elevati in caso di consegna esplicita (vedi fig. 37).

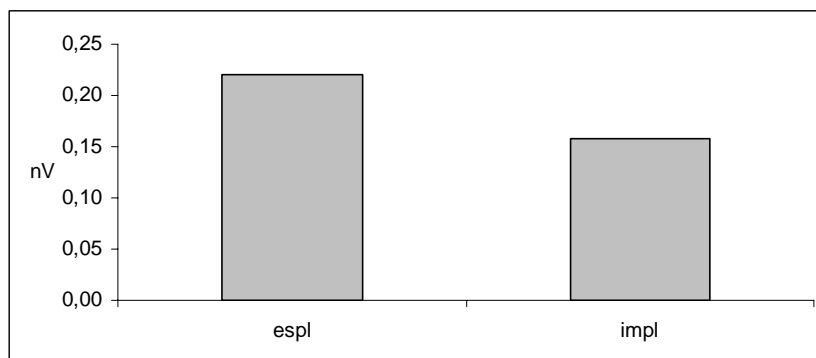


Fig. 37. Valori del picco P100 in presenza di consegna esplicita ed implicita, in seguito alla presentazione di stimoli esprimenti paura e di stimoli incongruenti.

Rabbia/incongruente

Gli stimoli congruenti esprimenti paura provocano un picco P100 più intenso rispetto agli stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 18,840$ $p < ,001$), come osservabile in figura 38. In generale, il picco si presenta come un fenomeno particolarmente accentuato in area posteriore ($F(3, N = 30) = 13,856$ $p < ,001$) (vedi tab. 8).

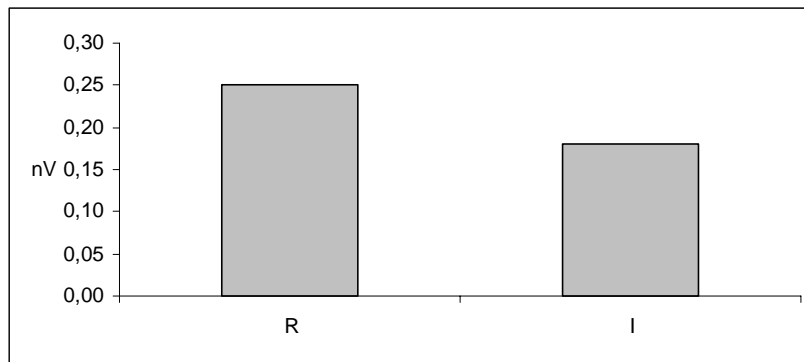


Fig. 38. La P100 risulta essere più accentuata quando vengono presentati stimoli esprimenti rabbia rispetto a quando vengono presentati stimoli incongruenti.

Sorpresa/incongruente

Gli stimoli esprimenti sorpresa elicitano un picco più intenso rispetto agli stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 16,145 p < ,001$) (vedi fig. 39). Inoltre, tale picco è presente soprattutto nella porzione posteriore della corteccia ($F(3, N = 30) = 14,373 p < ,001$) (vedi tab. 8).

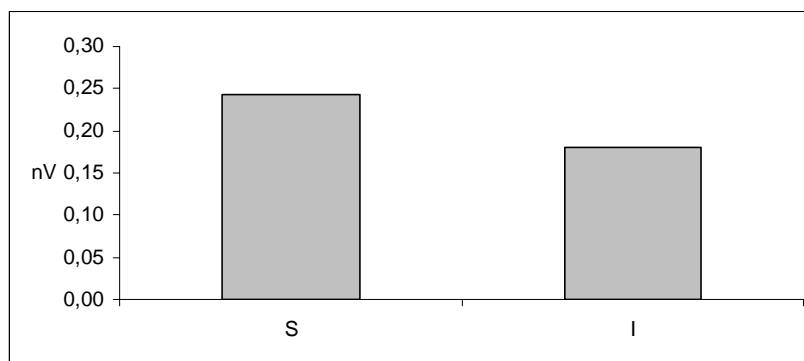


Fig. 39. La P100 presenta valori più elevati quando vengono presentati stimoli esprimenti sorpresa rispetto che nella condizione incongruente.

Tristezza/incongruente

In generale, la P100 si presenta come un fenomeno specificamente posteriore ($F(3, N = 30) = 14,485 p < ,001$) (vedi tab. 8). Inoltre, risulta essere più intensa in presenza di stimoli esprimenti gioia rispetto che in presenza di stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 11,495 p = ,002$), come osservabile in figura 40.

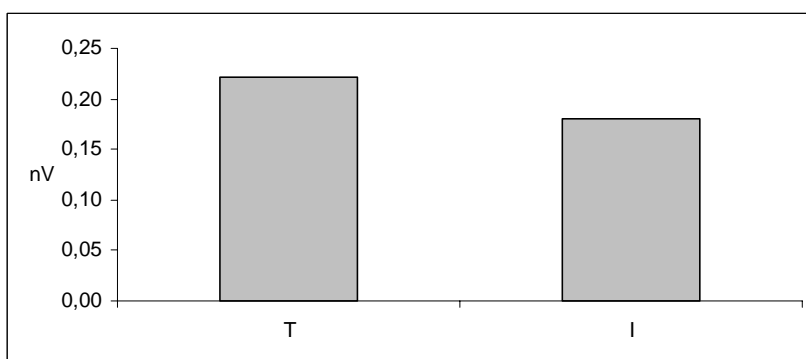


Fig. 40. Valori della P100 in seguito alla stimolazione con stimoli esprimenti tristezza e con stimoli incongruenti.

	D-I		G-I		P-I		R-I		S-I		T-I	
	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds
F	,130	,016	,130	,016	,121	,015	,142	,019	,140	,019	,128	,017
C	,161	,015	,175	,015	,144	,016	,172	,018	,164	,017	,157	,016
P	,261	,026	,281	,026	,248	,025	,282	,022	,272	,022	,264	,023
O	,251	,022	,263	,025	,240	,024	,264	,022	,270	,022	,257	,026

Tab. 8. Media e deviazione standard dei valori del picco P100 nelle diverse aree corticali, per ciascuna emozione congruente confrontata con la condizione incongruente.

3.2.3. Indice N200

Intensità

Confronto tra emozioni

Dal confronto tra loro le sei emozioni congruenti e dall'analisi dei contrasti emerge, in generale, che la N200 è un fenomeno tipicamente anteriore ($F(3, N = 30) = 7,757$ $p < ,001$), soprattutto frontale ma anche centrale (vedi fig. 41) e che, più nello specifico, la sua entità differisce in funzione dell'effetto congiunto del tipo di emozione e della localizzazione ($F(15, N = 30) = 2,234$ $p = ,005$): in figura 42 si può notare come la localizzazione frontale sia accentuata soprattutto per l'emozione della rabbia.

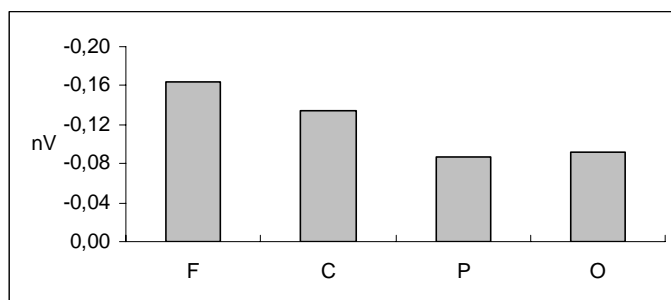


Fig. 41.
Localizzazione dell'indice N200, considerando le emozioni congruenti.

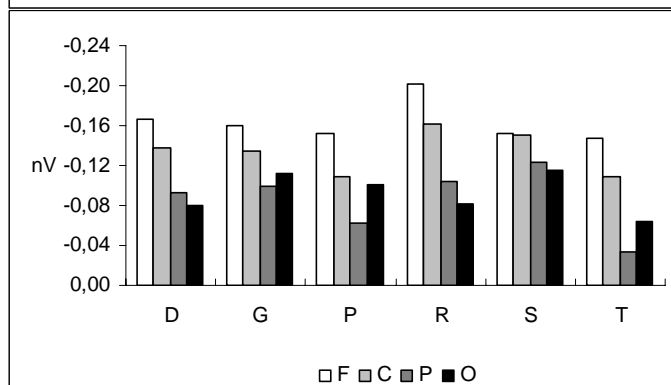


Fig. 42.
Localizzazione del picco P100 rispetto a ciascuna delle emozioni congruenti.

Confronto tra le singole emozioni congruenti e la condizione incongruente

Disgusto/incongruente

Confrontando il disgusto e la condizione incongruente, emerge una caratterizzazione della N200 come picco prevalentemente frontale ($F(3, N = 30) = 11,319 p < ,001$) (vedi tab. 9) e maggiormente accentuato nel caso di stimoli esprimenti disgusto ($F(1, N = 30) = 5,029 p = ,033$) (vedi fig. 43).

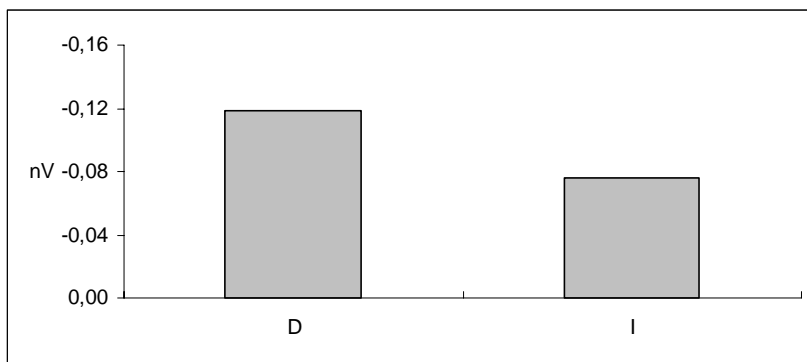


Fig. 43. Intensità della N200 in seguito alla presentazione di stimoli esprimenti disgusto e stimoli incongruenti.

Gioia/incongruente

Anche nel caso della gioia, il picco è localizzato frontalmente ($F(3, N = 30) = 6,253 p < ,001$) (vedi tab. 9) e maggiormente accentuato quando gli stimoli sono congruenti ($F(1, N = 30) = 7,872 p = ,009$), come si può osservare in figura 44.

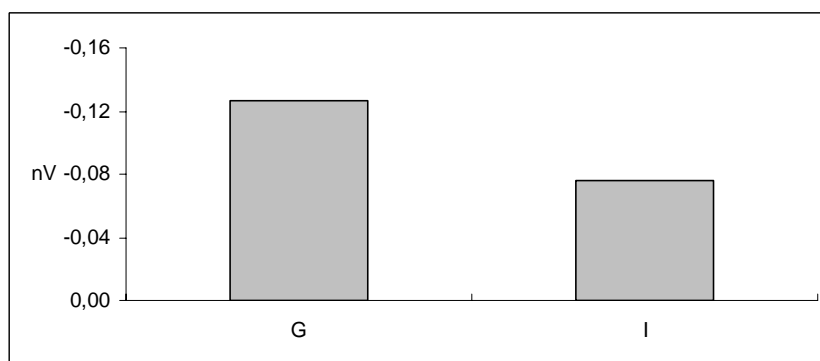


Fig. 44. Intensità della N200 in presenza di stimoli esprimenti gioia e stimoli incongruenti.

Paura/incongruente

Rispetto al confronto tra paura e incongruenza, l'unico dato rilevato è una localizzazione frontale del picco ($F(3, N = 30) = 15,310 p < ,001$) (vedi tab. 9).

Rabbia/incongruente

Le analisi fanno rilevare una localizzazione specificamente frontale del picco N200 ($F(3, N = 30) = 10,803 p < ,001$) (vedi tab. 9) e una sua maggiore ampiezza nel caso di stimoli che esprimono rabbia ($F(1, N = 30) = 12,416 p < ,001$) (vedi fig. 45).

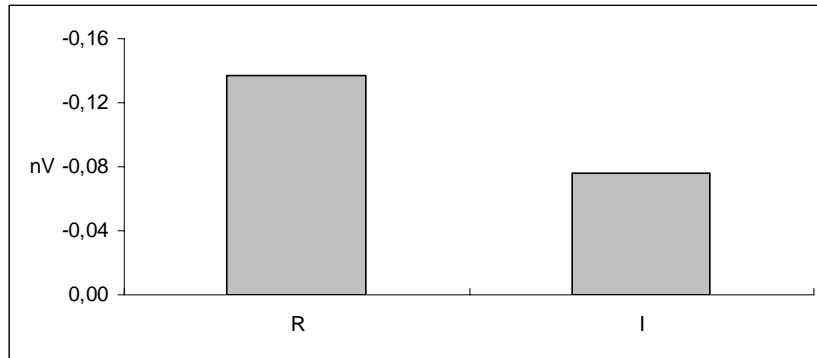


Fig. 45. Ampiezza della N200 elicitata da stimoli esprimenti rabbia e da stimoli incongruenti.

Sorpresa/incongruente

Ancora una volta, la N200 si conferma come un picco con localizzazione prevalentemente frontale ($F(3, N = 30) = 4,109 p = ,009$) (vedi tab. 9) e più accentuata in caso di congruenza ($F(1, N = 30) = 23,556 p < ,001$) (vedi fig. 46). Inoltre, si rileva un effetto di interazione condizione*localizzazione ($F(3, N = 30) = 3,854 p = ,012$) che mette in evidenza come, soprattutto nel caso degli stimoli incongruenti, si verifichi una drastica deintensificazione del picco nella porzione posteriore della corteccia (vedi fig. 47).

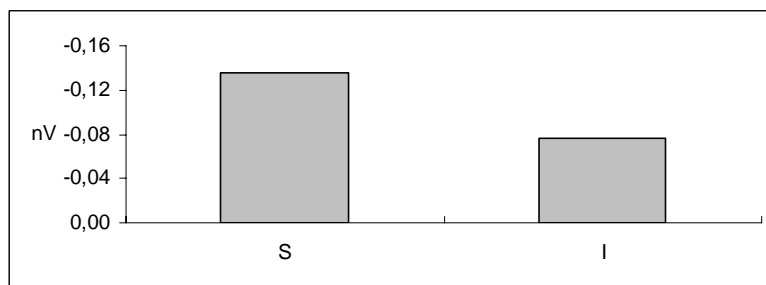


Fig. 46. Ampiezza della N200 elicitata da stimoli esprimenti sorpresa e da stimoli incongruenti.

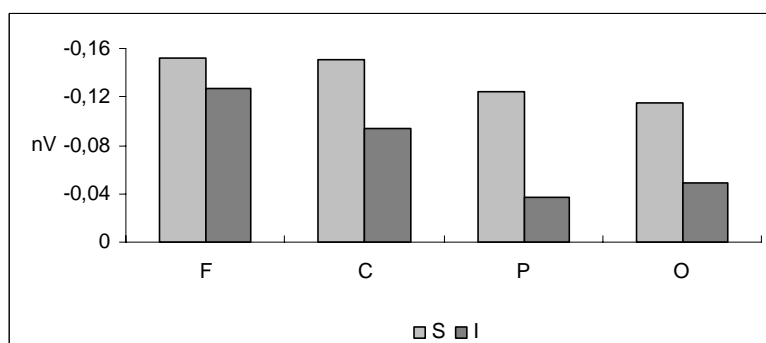


Fig. 47. Ampiezza della N200 in funzione della localizzazione e del tipo di stimolo (rabbia congruente/incongruenza).

Tristezza/incongruente

Rispetto al confronto tra tristezza e incongruenza, si rileva unicamente una localizzazione prevalentemente frontale ($F(3, N = 30) = 11,153$ $p < ,009$), come osservabile in tabella 9.

	D - I		G - I		P - I		R - I		S - I		T - I	
	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds
F	-,146	,015	-,144	,018	-,139	,017	-,164	,021	-,139	,020	-,136	,018
C	-,115	,020	-,114	,018	-,101	,017	-,128	,023	-,122	,024	-,101	,021
P	-,065	,023	-,068	,022	-,050	,023	-,071	,024	-,081	,027	-,036	,026
O	-,064	,020	-,080	,018	-,074	,020	-,065	,019	-,082	,018	-,056	,019

Tab. 9. Media e deviazione standard dei valori del picco N200 nelle diverse aree corticali, per ciascuna emozione congruente confrontata con la condizione incongruente.

*Latenza**Confronto tra emozioni*

Dal confronto tra le diverse coppie di emozioni congruenti, si rileva un ritardo dei tempi di latenza in area anteriore, a fronte di tempi più rapidi in area parietale e soprattutto occipitale (vedi tab. 10).

	M	DS
F	208,6	4,3
C	207,3	4,6
P	197,2	5,1
O	188,3	5,1

Tab. 10. Tempi di latenza della N200 rispetto alle diverse aree corticali considerate.

*Confronto tra le singole emozioni congruenti e la condizione incongruente**Disgusto/incongruente*

Dalle analisi emerge un effetto di interazione condizione*localizzazione ($F(3, N = 30) = 3,217$ $p = ,027$). Esso indica che, per il disgusto, i tempi di latenza non differiscono grandemente nelle diverse aree corticali, mentre, per la condizione di incongruenza, si nota un rilevante ritardo in area frontale e, anche se in misura minore, parietale (vedi fig. 48).

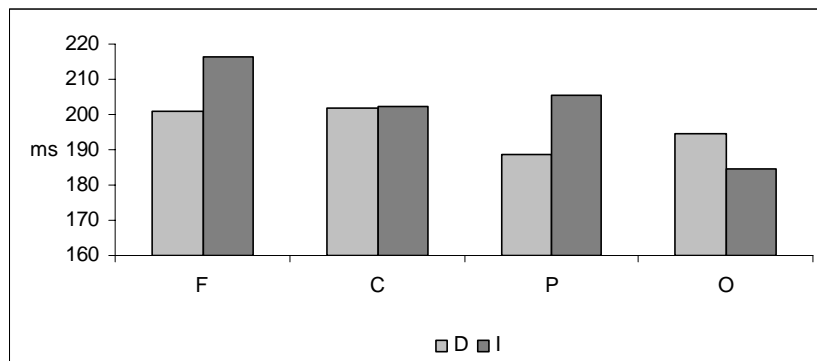


Fig. 48. Tempi di latenza della N200 in funzione della localizzazione e del tipo di stimolo (disgusto congruente/incongruenza).

Gioia/incongruente

L'analisi indica, ancora una volta, il ritardo in area frontale dell'indice N200, come indicato in tab. 11 ($F(3, N = 30) = 5,171 p = ,002$).

Paura/incongruente

Mettendo a confronto paura e condizione incongruente, si nota un allungamento dei tempi di latenza in zona frontale ($F(3, N = 30) = 4,281 p = ,004$) (vedi tab. 11) così come in presenza di un task di tipo esplicito ($F(1, N = 30) = 4,294 p = ,048$) (vedi fig. 49).

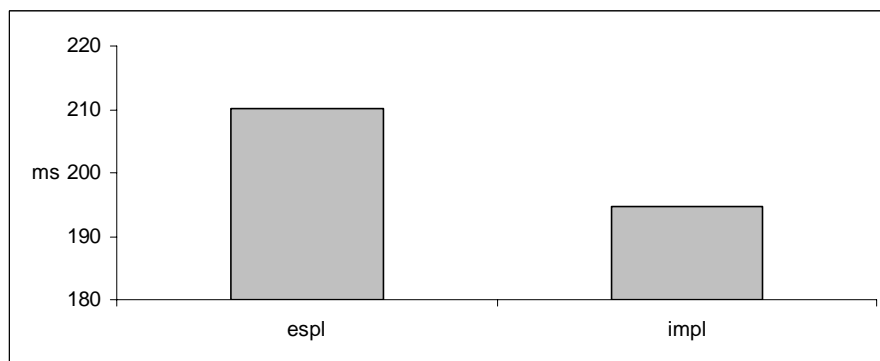


Fig. 49. Tempi di latenza del picco N200 in funzione del tipo di task.

Rabbia/incongruente

Come precedentemente rilevato, il picco presenta tempi più rapidi nelle zone posteriori ($F(3, N = 30) = 6,615 p < ,001$) (vedi tab. 11).

Sorpresa/incongruente

Confrontando sorpresa e incongruenza, le analisi indicano non soltanto la riduzione dei tempi di latenza nelle aree posteriori ($F(3, N = 30) = 5,413 p = ,002$) (vedi tab. 11), ma anche un marcato ritardo della condizione incongruente rispetto a quella congruente ($F(3, N = 30) = 7,019 p = ,013$) (vedi fig. 50).

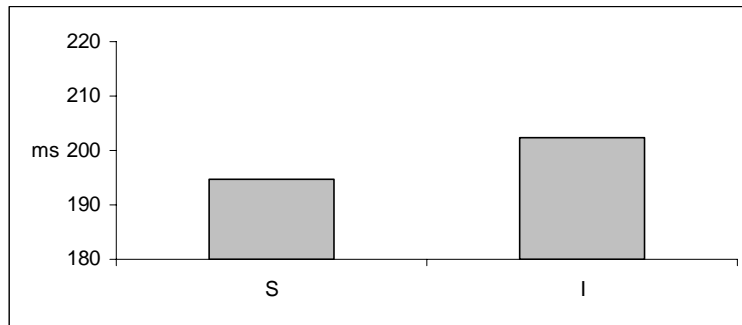


Fig. 50. Tempi di latenza del picco N200 in seguito alla presentazione di stimoli esprimenti sorpresa e stimoli incongruenti.

Tristezza/incongruente

Rispetto al confronto tristezza/incongruente si rileva soltanto, ancora una volta, il ritardo del picco in area anteriore ($F(3, N = 30) = 5,434 p = ,002$) (vedi tab. 11).

	G - I		P - I		R - I		S - I		T - I	
	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds
F	213,2	5,8	212,3	5,0	215,3	5,4	209,8	6,0	216,0	5,8
C	205,2	6,5	207,9	5,9	205,9	6,1	201,2	6,2	206,5	6,0
P	202,4	7,2	203,2	6,9	200,8	6,2	198,2	6,4	206,4	6,3
O	185,8	6,3	186,5	6,4	185,6	6,0	184,4	5,9	186,9	6,7

Tab. 11. Media e deviazione standard della latenza del picco N200 nelle diverse aree corticali, come emerge dal confronto tra le emozioni congruenti e la condizione incongruente.

3.2.4. *Indice P200**Intensità**Confronto tra emozioni*

L'indice P200 presenta valori maggiormente accentuati nelle aree posteriori, e in particolar modo in zona parietale, come osservabile in tabella 12 ($F(3, N = 30) = 9,573 p < ,001$).

	M	ds
F	0,213	0,018
C	0,232	0,017
P	0,308	0,021
O	0,242	0,014

Tab. 12. Intensità dell'indice P200 nelle aree frontale, centrale, parietale e occipitale.

Questo dato è ancora più accentuato quando il task sperimentale viene lasciato implicito; in caso di task esplicito, invece, il picco risulta essere più ampio anteriormente ($F(3, N = 30) = 2,811 p = ,044$) (vedi fig. 51).

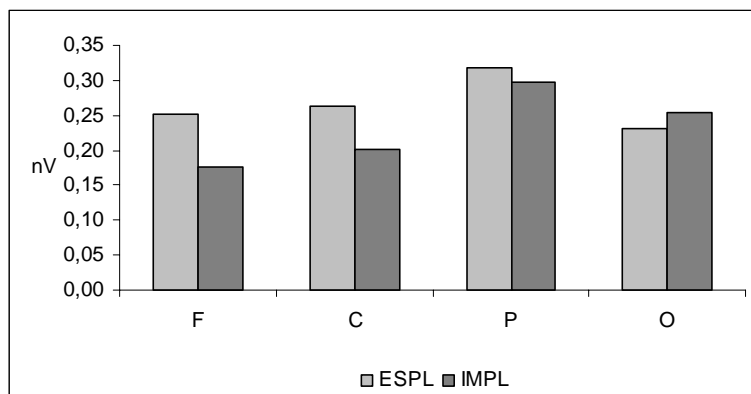


Fig. 51. Intensità del picco P200 nelle diverse aree corticali in presenza di consegna sperimentale esplicita e implicita.

Confronto tra le singole emozioni congruenti e la condizione incongruente

Disgusto/incongruente

Il picco P200 elicito dagli stimoli esprimenti disgusto e dagli stimoli incongruenti è più accentuato in area parietale ($F(3, N = 30) = 8,463 p < ,001$) (vedi tab. 13). Inoltre, l'interazione significativa condizione*localizzazione*task ($F(3, N = 30) = 3,205 p = ,027$) indica che l'intensità del picco diminuisce nelle aree anteriori soprattutto quando la consegna è implicita; sempre in caso di consegna implicita, in area posteriore si ha un'intensificazione del picco in seguito alla presentazione di stimoli incongruenti (vedi fig. 52).

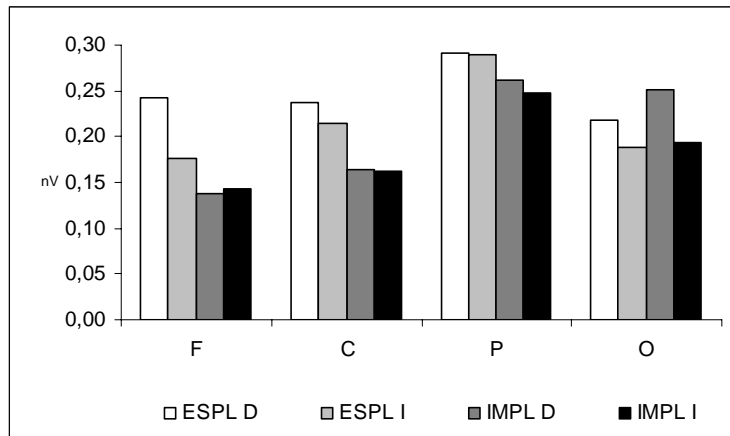


Fig. 51. Intensità del picco P200 nelle diverse aree corticali in presenza di consegna sperimentale esplicita e implicita, per gli stimoli esprimenti disgusto e per gli stimoli incongruenti.

Gioia/incongruente

Relativamente al confronto tra gioia e incongruenza, il picco si conferma prevalentemente parietale ($F(3, N = 30) = 6,638 p < ,001$) (vedi fig. 13), con valori più alti nel caso di stimoli esprimenti gioia ($F(1, N = 30) = 5,907 p = ,022$) (vedi fig. 52).

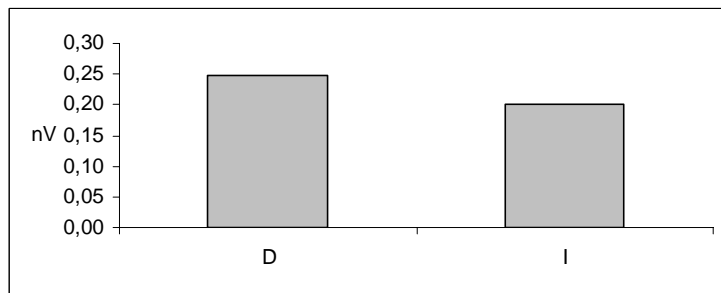


Fig. 52. Intensità del picco P200 in seguito alla presentazione di stimoli esprimenti gioia e coppie di stimoli incongruenti.

Come osservabile in figura 53, la triplice interazione condizione*localizzazione*task ($F(3, N = 30) = 2,399 p = ,055$) indica che questa intensificazione del picco in area parietale si verifica sia in caso di task esplicito sia in caso di task implicito; inoltre, in area frontale, il picco presenta un notevole aumento quando gli stimoli esprimono disgusto e il task è esplicito.

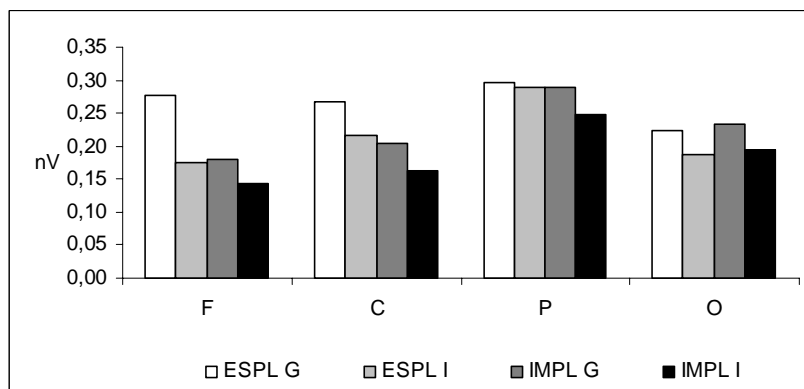


Fig. 53. Intensità della P200 in caso di stimoli esprimenti gioia e di stimoli incongruenti, nelle diverse aree corticali e con task esplicito e implicito.

Paura/incongruente

Il picco risulta essere maggiormente accentuato in caso di stimoli esprimenti paura rispetto che in caso di stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 27,519 p < ,001$) (vedi fig. 54), oltre ad avere valori più elevati in area parietale ($F(3, N = 30) = 9,971 p < ,001$) (vedi tab. 13).

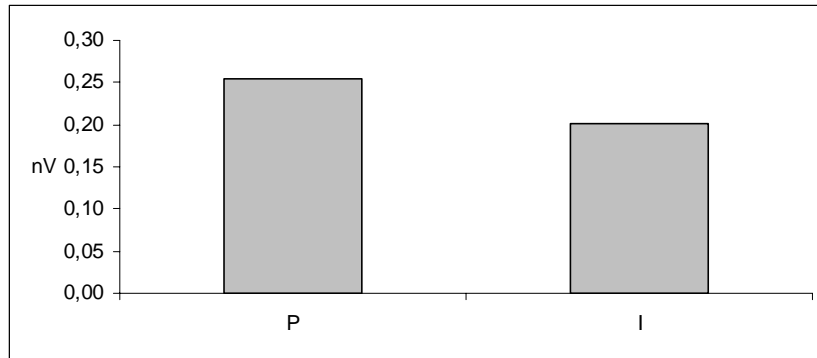


Fig. 54. Intensità del picco P200 in seguito alla presentazione di stimoli esprimenti paura e stimoli incongruenti.

Rabbia/incongruente

La P200 è più marcata in area parietale ($F(3, N = 30) = 11,307 p < ,001$) (vedi tab. 13) così come quando le coppie di stimoli esprimono rabbia ($F(1, N = 30) = 6,222 p = ,019$) (vedi fig. 55).

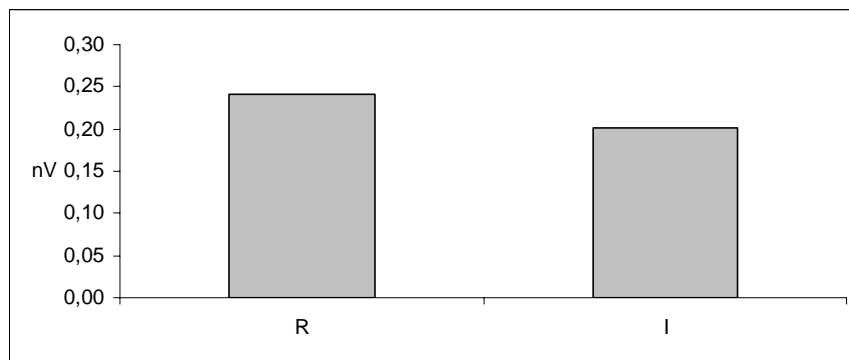


Fig. 55. Intensità del picco P200 elicitato da stimoli esprimenti rabbia e da stimoli incongruenti.

Sorpresa/incongruente

Gli stimoli esprimenti sorpresa provocano un picco più elevato rispetto agli stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 19,112 p < ,001$) (vedi fig. 56). Il picco, in generale, è principalmente parietale ($F(3, N = 30) = 7,040 p < ,001$) (vedi tab. 13).

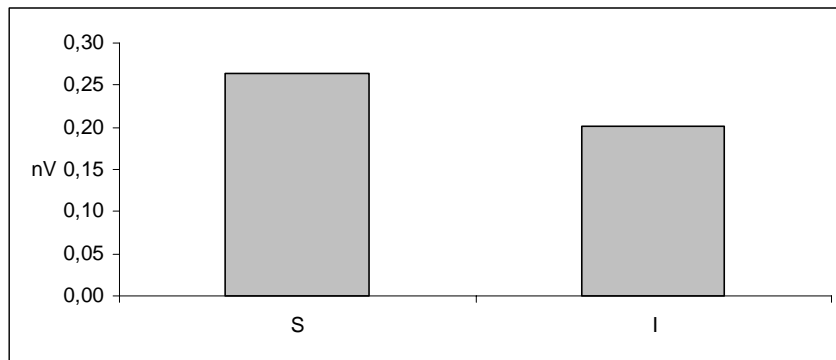


Fig. 56. Intensità del picco P200 per gli stimoli esprimenti sorpresa e gli stimoli incongruenti.

Infine, la triplice interazione condizione*localizzazione*task ($F(1, N = 30) = 4,339$ $p = ,007$) indica che, in area frontale e centrale, il picco presenta un notevole aumento quando gli stimoli esprimono sorpresa e il task è esplicito (vedi fig. 57).

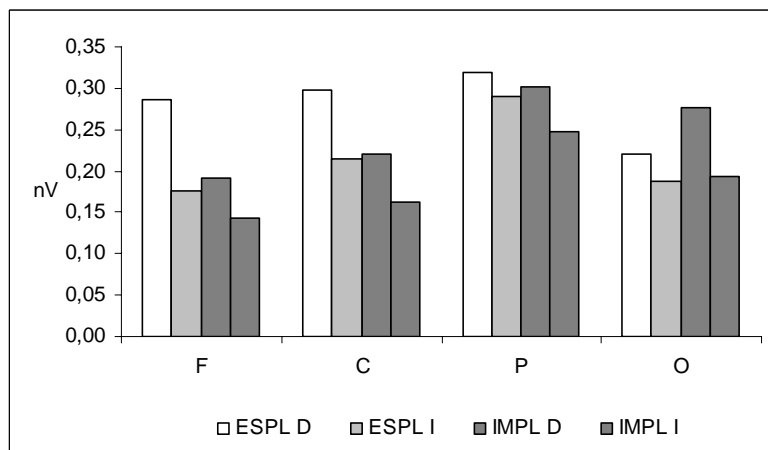


Fig. 57. Intensità del picco P200 in seguito alla presentazione di stimoli esprimenti sorpresa e stimoli incongruenti, in funzione della localizzazione e del tipo di task.

Tristezza/incongruente

Le coppie esprimenti tristezza elicitano un picco più ampio rispetto alle coppie incongruenti ($F(1, N = 30) = 24,650$ $p < ,001$) (vedi fig. 58). Il picco, inoltre, ha localizzazione parietale ($F(3, N = 30) = 12,415$ $p < ,001$) (vedi tab. 13).

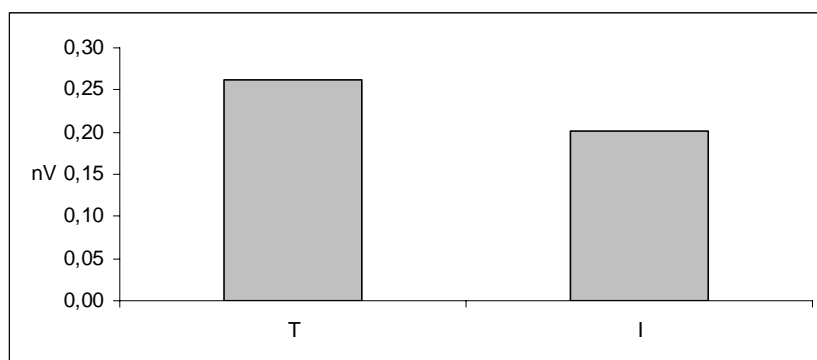


Fig. 58. Ampiezza della P200 elicitata da stimoli che esprimono tristezza e stimoli incongruenti.

	D		G		P		R		S		T	
	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds
F	,175	,020	,194	,020	,189	,020	,178	,021	,199	,022	,184	,018
C	,195	,016	,213	,021	,207	,020	,206	,018	,224	,021	,216	,019
P	,273	,022	,281	,024	,296	,023	,288	,022	,289	,021	,303	,023
O	,212	,016	,210	,015	,219	,015	,213	,015	,220	,014	,224	,016

Tab. 13. Media e deviazione standard dei valori del picco P200 nelle diverse aree corticali, come emerge dal confronto tra le emozioni congruenti e la condizione incongruente.

Latenza

Confronto tra emozioni

Dal confronto tra le emozioni congruenti emerge un ritardo dei tempi di latenza nelle aree posteriori rispetto a quelle anteriori ($F(3, N = 30) = 8,022$ $p < ,001$) (vedi tab. 14). L'effetto di interazione emozione*localizzazione ($F(3, N = 30) = 2,118$ $p = ,008$), come illustrato in figura 59, indica che tale ritardo è maggiormente accentuato nel caso di paura, rabbia, sorpresa e tristezza.

	M	ds
F	196,622	3,594
C	197,711	3,611
P	205,767	4,068
O	214,678	3,284

Tab 14. Media e deviazione standard della latenza del picco P200 nelle diverse aree corticali.

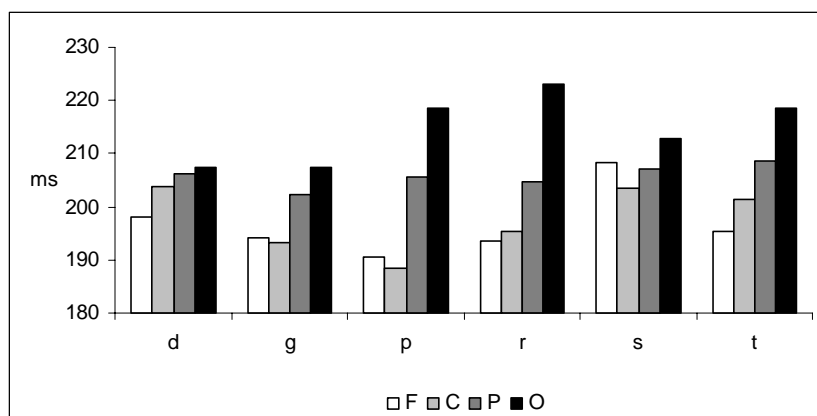


Fig. 59. Ampiezza della P200 elicitata da stimoli che esprimono tristezza e stimoli incongruenti.

Confronto tra le singole emozioni congruenti e la condizione incongruente

Disgusto/incongruente

Rispetto al confronto tra disgusto e incongruenza si riscontrano numerosi fenomeni. In primo luogo, il picco P200 risulta essere ritardato posteriormente (vedi tab. 15); inoltre, il disgusto ha tempi di latenza più ritardati rispetto all'incongruente ($F(1, N = 30) = 13,756 p < ,001$) (vedi fig. 60a). Dall'interazione tra condizione e localizzazione emerge che tale divario risulta pressoché annullato in area occipitale, dove anche nei casi di incongruenza i tempi si allungano ($F(3, N = 30) = 3,719 p = ,014$) (vedi fig. 60b). Il quadro si completa con la triplice interazione condizione*localizzazione*task ($F(3, N = 30) = 3,757 p = ,014$), che indica che i tempi più brevi si registrano in caso di stimoli incongruenti e task esplicito e che invece il picco più ritardato si manifesta in area occipitale per gli stimoli incongruenti in condizione di task implicito (vedi fig. 60 c).

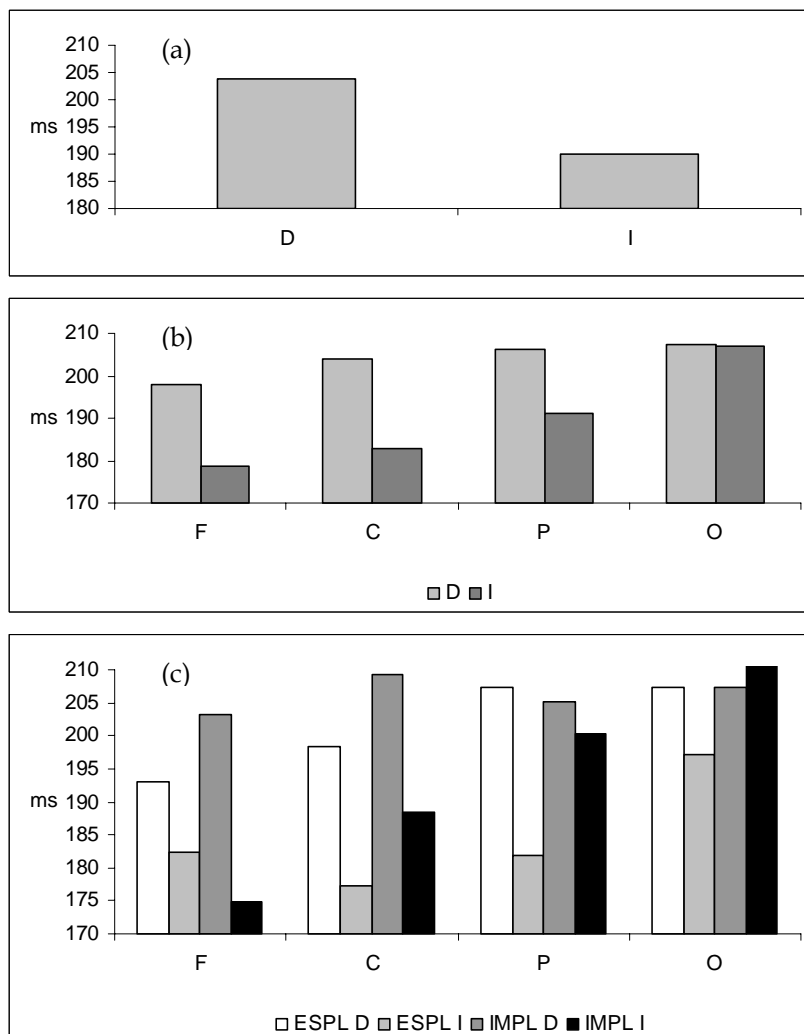


Fig. 60. Tempi di latenza della P200 elicitata da stimoli che esprimono disgusto e stimoli incongruenti (a), nelle diverse aree corticali (b) e in condizione di task esplicito e implicito (c).

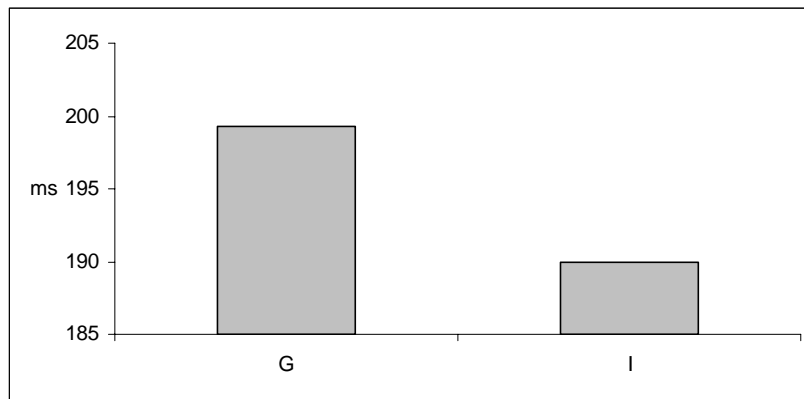


Fig. 61. Latenza della P200 elicitata da stimoli che esprimono gioia e da stimoli incongruenti.

Gioia/incongruente

La latenza dell'indice P200 è maggiore nelle aree posteriori ($F(3, N = 30) = 6,059 p < ,001$) (vedi tab. 15) e per gli stimoli esprimenti gioia rispetto a quelli incongruenti ($F(1, N = 30) = 11,749 p = ,002$) (vedi fig. 61).

Paura/incongruente

I tempi di latenza del picco P200 sono più rapidi anteriormente ($F(3, N = 30) = 12,243 p < ,001$) (vedi tab. 15) e in caso di stimoli incongruenti, se confrontati con quelli esprimenti paura ($F(1, N = 30) = 10,701 p = ,003$) (vedi fig. 62).

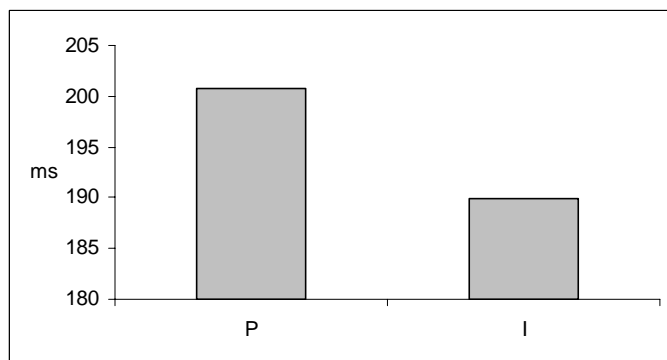


Fig. 62. Latenza del picco P200 elicitato da stimoli esprimenti paura e da stimoli incongruenti.

Rabbia/incongruente

Confrontando l'effetto degli stimoli esprimenti rabbia e degli stimoli incongruenti emerge che i tempi di latenza sono più ridotti nelle aree anteriori ($F(3, N = 30) = 12,438 p < ,001$) (vedi tab. 15), nella condizione di incongruenza ($F(1, N = 30) = 17,700 p = ,003$) (vedi fig. 63a) ed in caso di task esplicito ($F(1, N = 30) = 6,506 p = ,017$) (vedi fig. 63b).

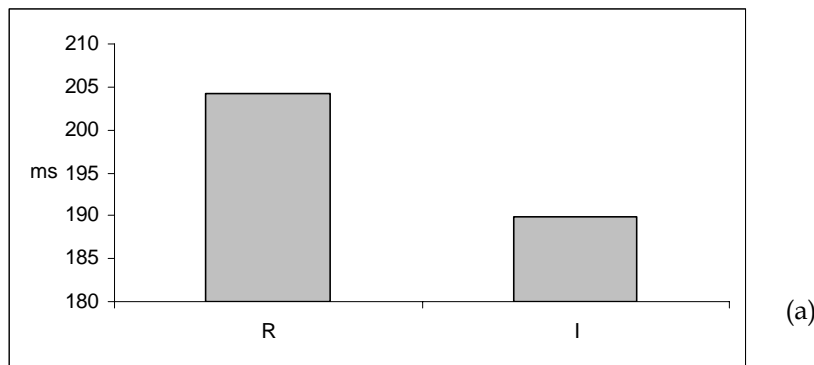
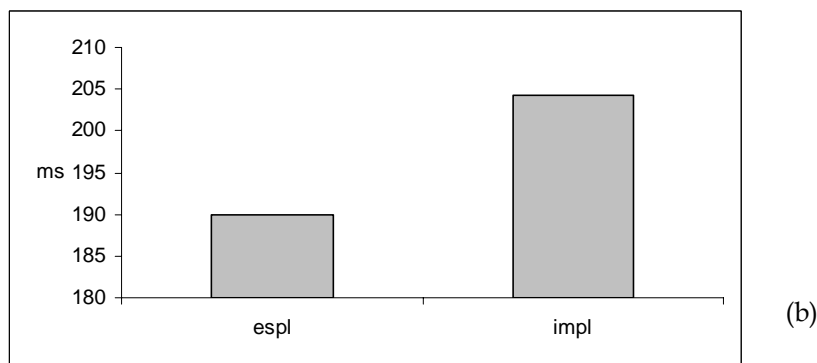


Fig. 63. Latenza del picco P200 con stimoli esprimenti rabbia e stimoli incongruenti (a) e in funzione del tipo di task (b).



Sorpresa/incongruente

L'indice P200 presenta tempi di latenza più ritardati nelle aree posteriori ($F(3, N = 30) = 4,746$ $p = ,004$) (vedi tab. 15) e in caso di stimoli congruenti esprimenti sorpresa anziché stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 29,026$ $p < ,001$). Inoltre, come si può notare in figura 64a, è soprattutto nel caso degli stimoli incongruenti che si nota un progressivo aumento dei tempi di latenza con il passaggio dalle aree anteriori a quelle posteriori ($F(3, N = 30) = 3,557$ $p = ,018$) (vedi fig. 64b).

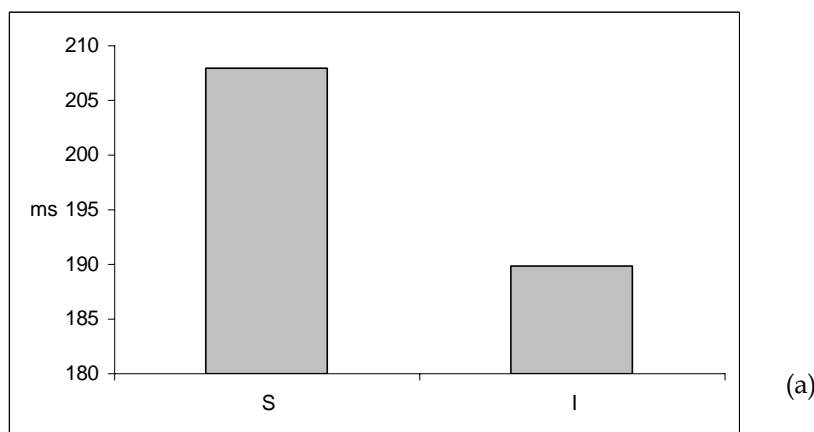
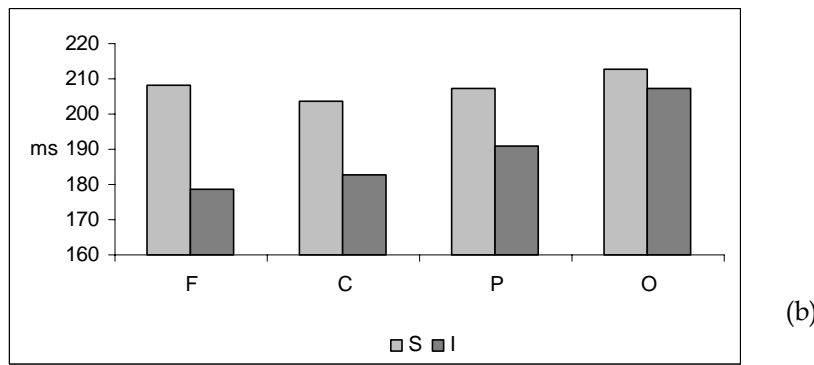


Fig. 64. Latenza del picco P200 in seguito alla presentazione di stimoli esprimenti rabbia e stimoli incongruenti (a) e in funzione dell'effetto congiunto del tipo di stimolo e della localizzazione (b).



Tristezza/incongruente

La P200 elicitata da stimoli esprimenti tristezza e stimoli incongruenti presenta tempi di latenza maggiori posteriormente ($F(3, N = 30) = 8,656 p = ,004$) (vedi tab. 15). Questi tempi, inoltre, sono più ritardati nel caso di presentazione di stimoli esprimenti tristezza ($F(1, N = 30) = 24,150 p < ,001$) (vedi fig. 65a) e quando il compito sperimentale è esplicito ($F(3, N = 30) = 4,451 p = ,004$) (vedi fig. 65b).

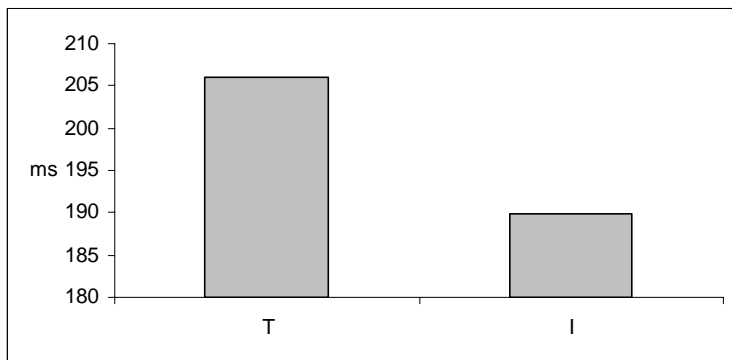
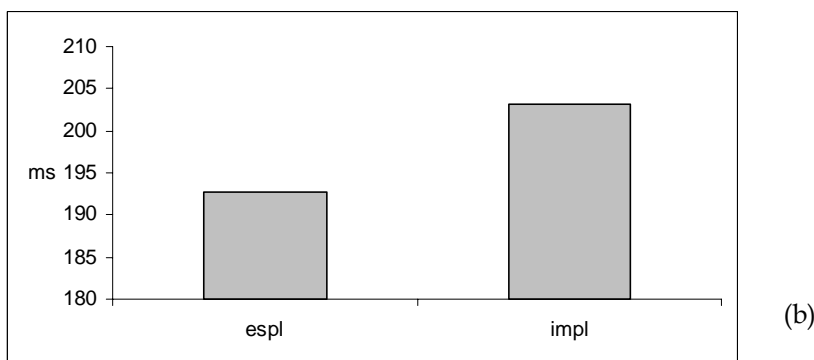


Fig. 65. Tempi di latenza del picco P200 in seguito alla presentazione di stimoli esprimenti tristezza e stimoli incongruenti (a) e in funzione del tipo di task (b).



	D - I		G - I		P - I		R - I		S - I		T - I	
	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds
F	188,3	3,9	186,3	4,2	184,4	4,5	186,1	3,7	193,3	4,3	186,9	4,3
C	193,3	4,3	188,1	4,4	185,7	3,8	189,1	4,6	193,2	4,5	192,1	4,3
P	198,6	4,5	196,6	4,7	198,4	4,3	197,8	4,9	199,1	5,0	199,9	3,8
O	207,2	4,2	207,3	4,1	212,9	4,1	215,1	4,3	209,9	4,8	212,8	4,2

Tab. 15. Media e deviazione standard della latenza del picco P200 nelle diverse aree corticali, come emerge dal confronto tra le emozioni congruenti e la condizione incongruente.

3.2.5. Indice N300

Intensità

Confronto tra emozioni

Confrontando tra loro le coppie di emozioni congruenti, il picco N300 si presenta come un fenomeno particolarmente accentuato nell'area frontale ($F(3, N = 30) = 4,004$ $p = ,010$) (vedi tab. 16).

	M	ds
F	-,170	,019
C	-,127	,014
P	-,131	,016
O	-,127	,012

Tab 16. Media e deviazione standard dell'intensità del picco N300 nelle diverse aree corticali.

Confronto tra le singole emozioni congruenti e la condizione incongruente

Disgusto/incongruente

Come già anticipato, la N300 si conferma come un fenomeno frontale ($F(3, N = 30) = 4,023$ $p = ,010$) (vedi tab. 17), oltre che più accentuato in seguito alla presentazione di stimoli esprimenti disgusto, se paragonati agli stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 7,915$ $p = ,009$) (vedi fig. 66).

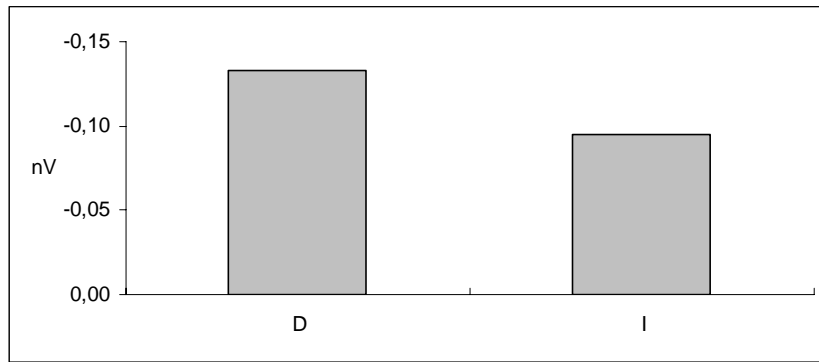
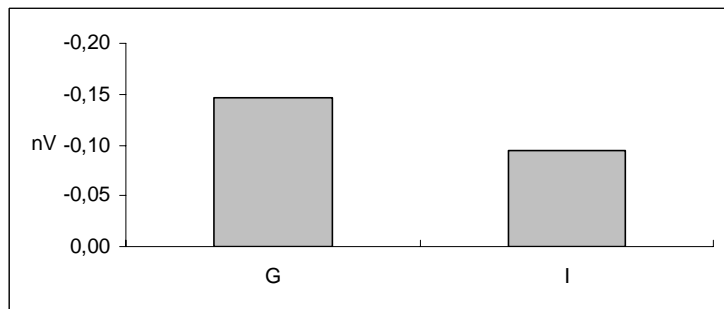


Fig. 66. Intensità del picco N300 in seguito alla presentazione di stimoli esprimenti disgusto e stimoli incongruenti.

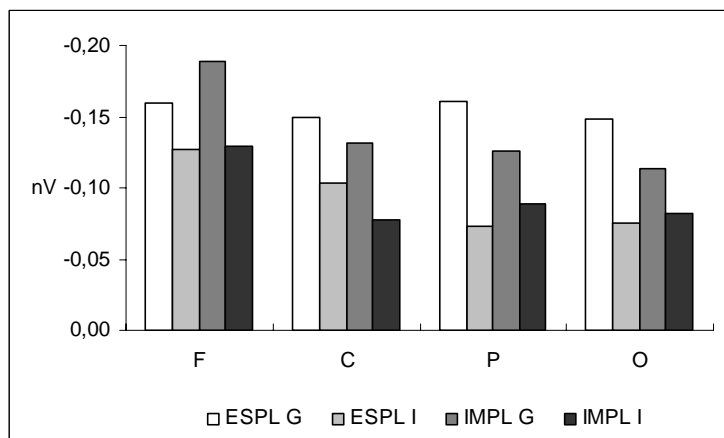
Gioia/incongruente

La N300 è più intensa in area frontale ($F(3, N = 30) = 3,303 p = ,024$) (vedi tab. 17) e in presenza di stimoli esprimenti gioia anziché stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 8,370 p = ,007$) (vedi fig. 67a). Inoltre l'effetto congiunto della condizione, della localizzazione e del task ($F(3, N = 30) = 2,904 p = ,040$) indica che, nelle diverse aree, gli stimoli che esprimono gioia in condizione di task esplicito presentano valori molto elevati; inoltre, in area frontale, sono soprattutto gli stimoli esprimenti gioia ma in condizione di task implicito a provocare un notevole incremento dell'intensità del picco (vedi fig. 67b).



(a)

Fig. 67. Intensità del picco N300 in seguito alla presentazione di stimoli esprimenti gioia e stimoli incongruenti (a) e in funzione del tipo di stimolo, della localizzazione e



(b)

Paura/incongruente

Il picco N300, ancora una volta, appare essere un fenomeno frontale ($F(3, N = 30) = 6,366 p = ,001$), come riportato in tabella 17. Inoltre, i valori aumentano per gli stimoli esprimenti paura rispetto che per gli stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 13,655 p = ,001$) (vedi fig. 68).

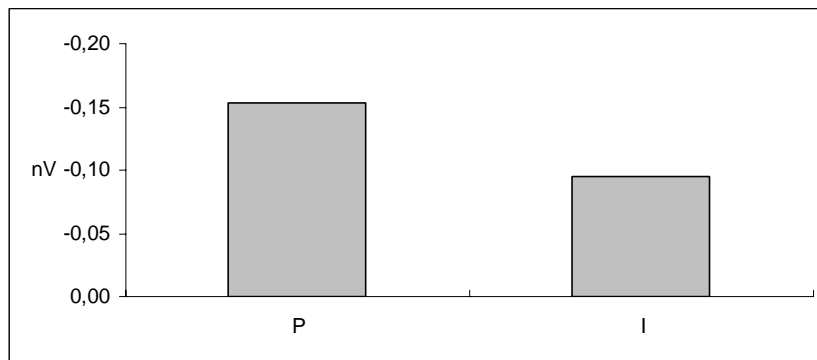


Fig. 68. Valori del picco N300 elicitato dalla presentazione di stimoli esprimenti paura e stimoli incongruenti.

Rabbia/incongruente

Il picco N300 si conferma come un fenomeno frontale ($F(3, N = 30) = 3,987 p = ,010$), come riportato in tabella 17. Inoltre, l'intensità aumenta per gli stimoli esprimenti rabbia rispetto che per gli stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 7,098 p = ,012$) (vedi fig. 69).

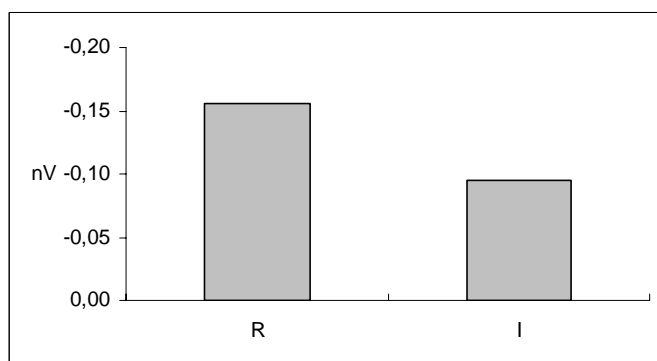


Fig. 69. Intensità della N300 elicitata da stimoli esprimenti rabbia e stimoli incongruenti.

Sorpresa/incongruente

L'effetto condizione*localizzazione ($F(1, N = 30) = 3,496 p = ,019$) rivela che gli stimoli incongruenti producono un picco maggiore nell'area frontale, con un progressivo decremento nel passaggio alle aree posteriori; nel caso degli stimoli esprimenti

sorpresa invece il picco presenta valori elevati sia in area frontale sia in area occipitale (vedi fig. 70).

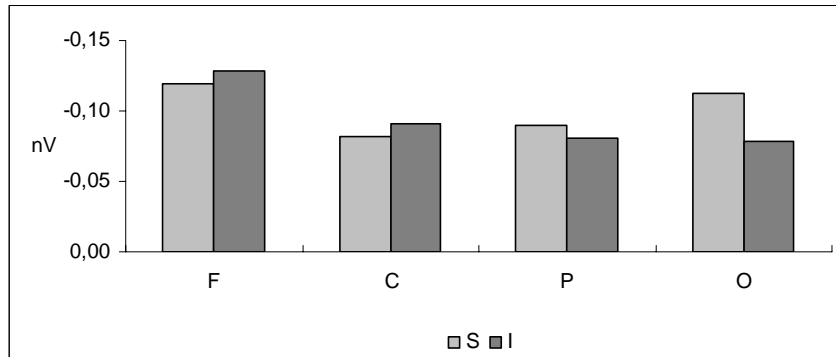


Fig. 70. Intensità della N300 elicitata da stimoli esprimenti sorpresa e stimoli incongruenti nelle diverse aree corticali.

Tristezza/incongruente

Ancora una volta, le analisi indicano la N300 come un fenomeno frontale ($F(1, N = 30) = 3,266 p = ,026$) (vedi tab. 17) e più accentuato nel caso degli stimoli congruenti (in questo caso esprimenti tristezza) che degli stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 11,953 p = ,002$) (vedi fig. 71).

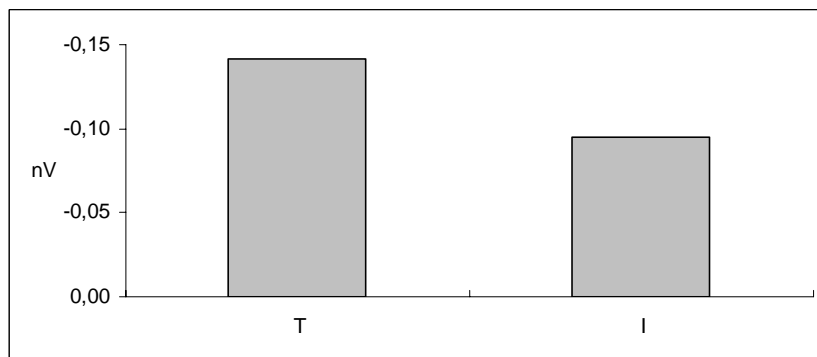


Fig. 71. Intensità dell'indice N300 in presenza di stimoli esprimenti tristezza e stimoli incongruenti.

	D-I		G-I		P-I		R-I		S-I	
	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds
F	-,144	,016	-,151	,017	-,165	,015	-,160	,022	-,151	,019
C	-,106	,013	-,116	,015	-,119	,015	-,116	,019	-,110	,015
P	-,104	,016	-,112	,016	-,107	,016	-,115	,018	-,110	,017
O	-,101	,012	-,105	,012	-,105	,013	-,111	,012	-,102	,013

Tab. 17. Media e deviazione standard del picco N300 nelle diverse aree corticali, come emerge dal confronto tra le emozioni congruenti e la condizione incongruente.

Latenza

Confronto tra emozioni

Il confronto tra le emozioni congruenti indica che i tempi di latenza della N300, in generale, sono più anticipati frontalmente ($F(3, N = 30) = 38,719 p < ,001$), come rappresentato in tabella 18.

	M	DS
F	288,5	3,105
C	296,6	3,569
P	315,3	4,147
O	320,7	3,306

Tab 18. Media e deviazione standard della latenza del picco N300 nelle diverse aree corticali.

Disgusto/incongruente

Le analisi condotte confermano l'allungamento dei tempi di latenza in zona posteriore ($F(3, N = 30) = 17,388 p < ,001$) (vedi tab. 19). Oltre a ciò, va rilevato che i tempi più lunghi si registrano in caso di consegna sperimentale implicita, sempre posteriormente ($F(3, N = 30) = 17,388 p = ,051$) (vedi fig. 72).

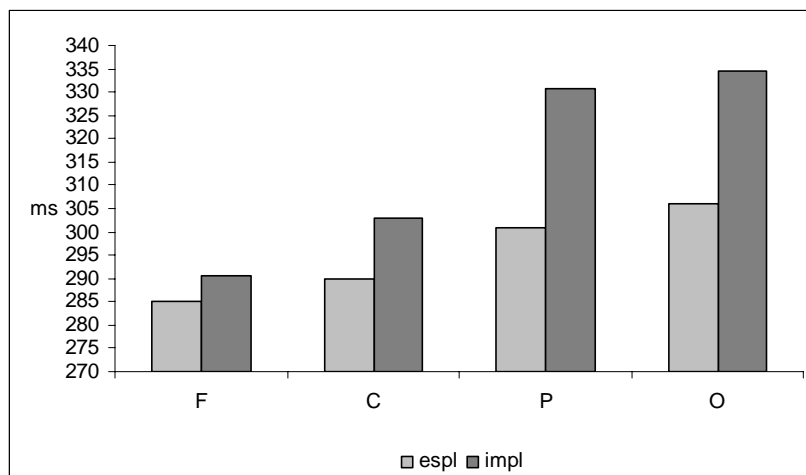


Fig. 72. Latenza dell'indice N300 in presenza di stimoli esprimenti disgusto e stimoli incongruenti.

Gioia/incongruente

Oltre a indicare il ritardo dei tempi di latenza nelle zone corticali posteriori ($F(3, N = 30) = 22,374 p < ,001$) (vedi tab. 19), l'ANOVA condotta mostra un ritardo per gli stimoli incongruenti quando il task è implicito ($F(3, N = 30) = 4,883 p = ,035$), come illustrato in figura 73.

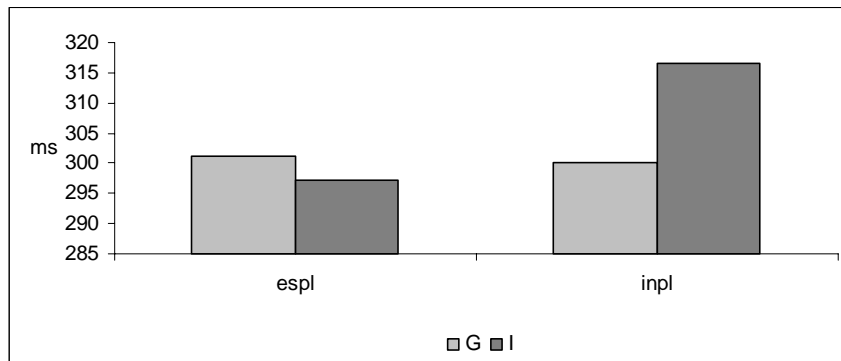


Fig. 73. Tempi di latenza dell'indice N300 per gli stimoli esprimenti disgusto e gli stimoli incongruenti, in condizione di task esplicito e implicito.

Paura/incongruente

Anche in questo caso i tempi più rapidi sono localizzati anteriormente ($F(3, N = 30) = 22,656$ $p < ,001$) (vedi tab. 19). Rispetto alla tipologia di task, la latenza aumenta quando esso è implicito ($F(1, N = 30) = 8,855$ $p = ,006$) (esplicito: $M = 294,217$; $ds = 5,200$; implicito: $M = 316,100$; $ds = 5,200$). Si registra inoltre una triplice interazione condizione*localizzazione*task ($F(3, N = 30) = 3,285$ $p = ,025$), rappresentata in figura 74: il dato più interessante è il fatto che i tempi più lunghi sono prodotti nelle aree parietale e occipitale quando la consegna sperimentale rimane implicita.

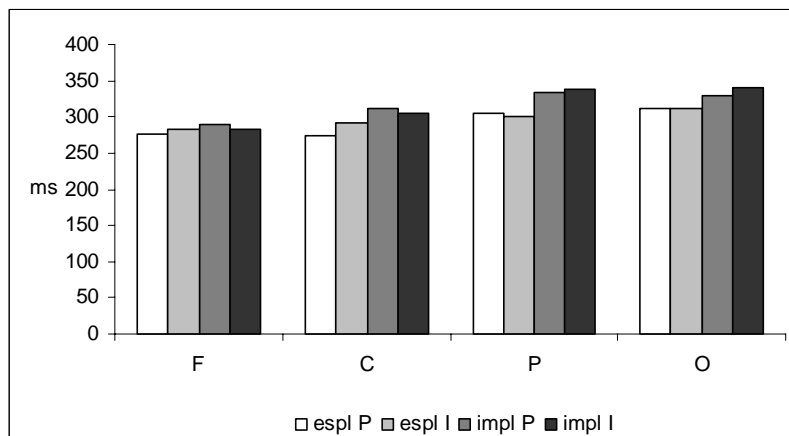
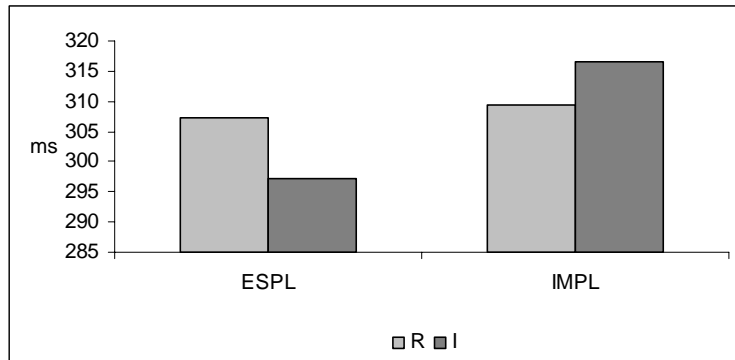


Fig. 74. Latenza dell'indice N300 in risposta a stimoli esprimenti paura e stimoli incongruenti, nelle diverse aree corticali e con consegna sperimentale esplicita e implicita.

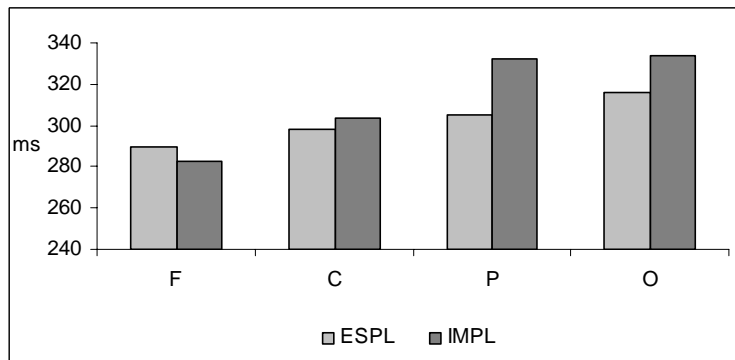
Rabbia/incongruente

In generale, i tempi di latenza sono più rapidi anteriormente ($F(3, N = 30) = 23,301$ $p < ,001$) (tab. 19). Più nello specifico, si registra in primo luogo un'interazione tra la condizione e il task ($F(3, N = 30) = 4,211$ $p = ,050$): a fronte di una certa stabilità della latenza in caso di stimoli esprimenti rabbia, gli stimoli incongruenti producono tempi

molto più ritardati nella condizione implicita rispetto a quella esplicita (fig. 75a). L'effetto localizzazione*task ($F(3, N = 30) = 4,663$ $p = ,005$) infine indica che, pur verificandosi in generale un ritardo della latenza nelle aree posteriori, tale ritardo risulta essere molto più marcato quando il task sperimentale è implicito (fig. 75b).



(a)



(b)

Fig. 75. Tempi di latenza del picco N300 in presenza di stimoli che esprimono rabbia e stimoli incongruenti, con consegna sperimentale esplicita e implicita (a) e nelle diverse aree corticali, in funzione del tipo di task (b).

Sorpresa/incongruente

Rispetto al confronto sorpresa/incongruente si rileva soltanto il ritardo in area posteriore ($F(3, N = 30) = 25,027$ $p < ,001$) (vedi tab. 1^o) (b)

Tristezza/incongruente

Ancora una volta, le analisi indicano che la latenza è più rapida in area anteriore ($F(3, N = 30) = 32,846$ $p < ,001$) (vedi fig. 19).

	D - I		G - I		P - I		R - I		S - I		T - I	
	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds
F	287,9	4,4	284,5	4,1	283,1	4,0	286,0	3,8	288,9	4,5	285,8	2,9
C	296,4	4,8	295,1	5,1	295,0	5,8	300,8	5,4	299,6	5,7	296,0	5,2
P	315,7	5,5	314,5	6,0	318,9	6,3	318,8	5,7	317,0	5,5	319,1	5,3
O	320,3	5,3	320,8	4,9	323,5	5,2	324,7	4,1	326,1	4,2	326,8	3,8

Tab. 19. Media e deviazione standard della latenza picco N300 nelle diverse aree corticali, come emerge dal confronto tra le emozioni congruenti e la condizione incongruente.

3.2.6. Indice P300

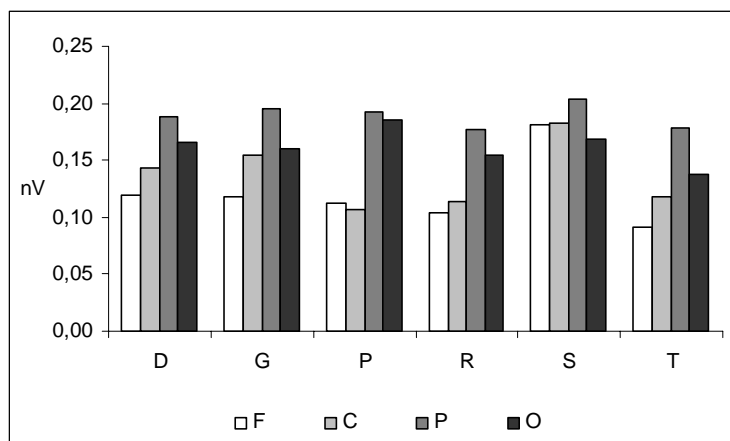
Intensità

Confronto tra emozioni

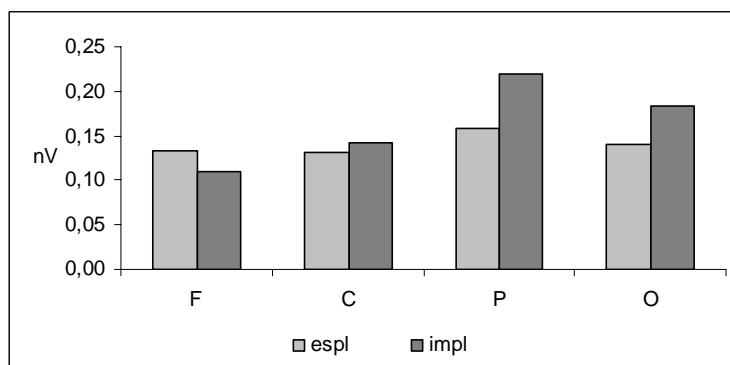
La P300 è un fenomeno prevalentemente posteriore, e più nello specifico parietale ($F(3, N = 30) = 11,369 p < ,001$) (vedi tab. 20). Nella figura 76a è possibile osservare l'effetto condizione*localizzazione ($F(3, N = 30) = 2,778 p < ,001$): per tutte le emozioni il picco presenta valori elevati in area parietale e in misura minore occipitale, mentre nelle zone frontali e centrali si rileva una maggiore differenziazione tra le sei emozioni, con un decremento dell'intensità di picco nel caso di tristezza, paura e rabbia. Infine, l'effetto localizzazione*task ($F(3, N = 30) = 4,871 p = ,004$) indica che, in caso di task implicito, nelle aree parietali e occipitali il fenomeno P300 risulta molto più accentuato in termini di intensità (vedi fig. 76b).

	M	ds
F	,121	,014
C	,137	,014
P	,189	,016
O	,162	,010

Tab 20. Media e deviazione standard dell'ampiezza del picco P300 nelle diverse aree corticali.



(a)



(b)

Fig. 76. Intensità del fenomeno P300 come effetto all'interazione dei fattori localizzazione e condizione (a) e localizzazione e task (b).

Confronto tra le singole emozioni congruenti e la condizione incongruente

Disgusto/incongruente

La localizzazione del picco P300 è parietale ($F(3, N = 30) = 8,964 p < ,001$) (vedi tab. 21); inoltre, il fenomeno è più intenso in seguito alla presentazione di stimoli congruenti esprimenti disgusto che di stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 20,642 p < ,001$), come rappresentato in fig. 77.

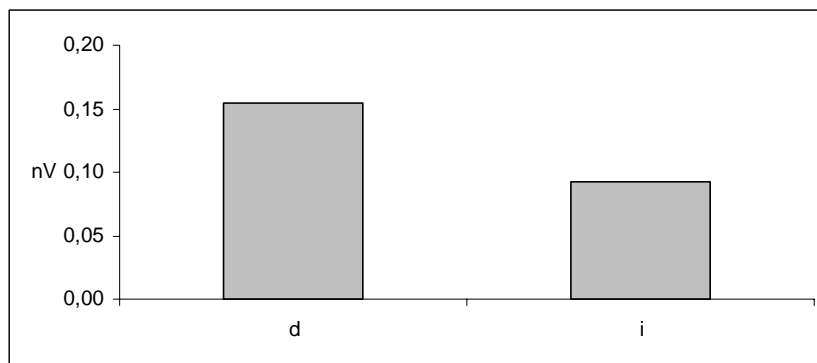


Fig. 77. Intensità del fenomeno P300 come effetto della presentazione di stimoli esprimenti disgusto e di stimoli incongruenti.

Gioia/incongruente

Anche in questo caso, la localizzazione del picco P300 è parietale ($F(3, N = 30) = 7,940 p < ,001$) (vedi tab. 21), con una più elevata intensità in caso di stimoli congruenti esprimenti gioia che di stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 20,642 p < ,001$) ($F(1, N = 30) = 12,558 p = ,001$) (vedi fig. 78a). Si nota inoltre in figura 78a che, a prescindere dalla tipologia dello stimolo, i valori di picco più elevati si registrano in caso di task implicito in area parietale e occipitale; in area frontale invece il task esplicito produce un picco più ampio di quello prodotto dalla consegna implicita ($F(3, N = 30) = 3,666 p = ,015$).

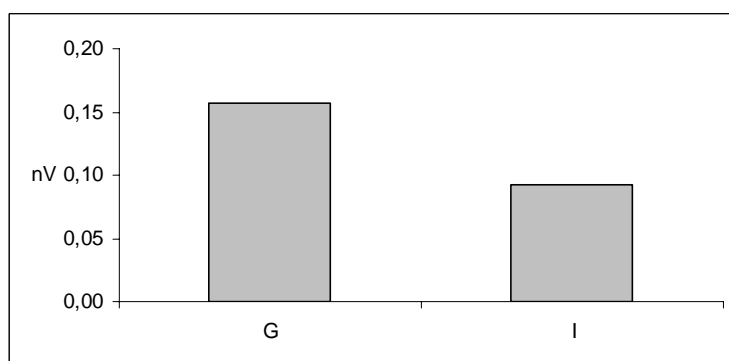
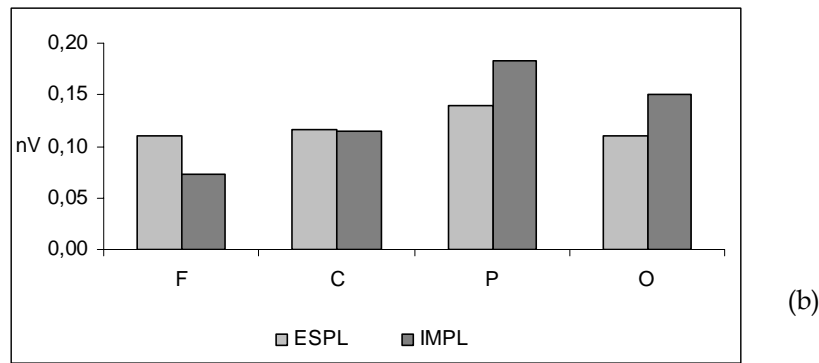


Fig. 78. Intensità del fenomeno P300 elicitato da stimoli esprimenti gioia e stimoli incongruenti (a) e nelle diverse aree corticali in condizione di task esplicito e implicito (b).



Paura/incongruente

In generale, i valori di picco più elevati sono localizzati in area parietale ($F(3, N = 30) = 11,655 p < ,001$) (vedi tab. 21) e sono elicitati dalle coppie di stimoli esprimenti paura, rispetto a quelle incongruenti ($F(1, N = 30) = 14,933 p = ,001$) (vedi fig. 79a). Ciò avviene in tutte le aree, ma soprattutto in quelle parietali e occipitali ($F(1, N = 30) = 4,354 p = ,007$) (vedi fig. 79b). Sempre posteriormente, è il task implicito a produrre i valori di picco più elevati, mentre nelle aree anteriori ciò avviene, anche se in misura minore, per il task esplicito (vedi fig. 79c). Infine, l'interazione condizione*localizzazione*task ($F(1, N = 30) = 3,368 p = ,022$) rivela che, se in generale sono gli stimoli esprimenti paura a produrre i picchi più ampi, più nello specifico questo avviene nelle aree anteriori quando il task è esplicito e nelle aree posteriori quando è implicito (vedi fig. 79d).

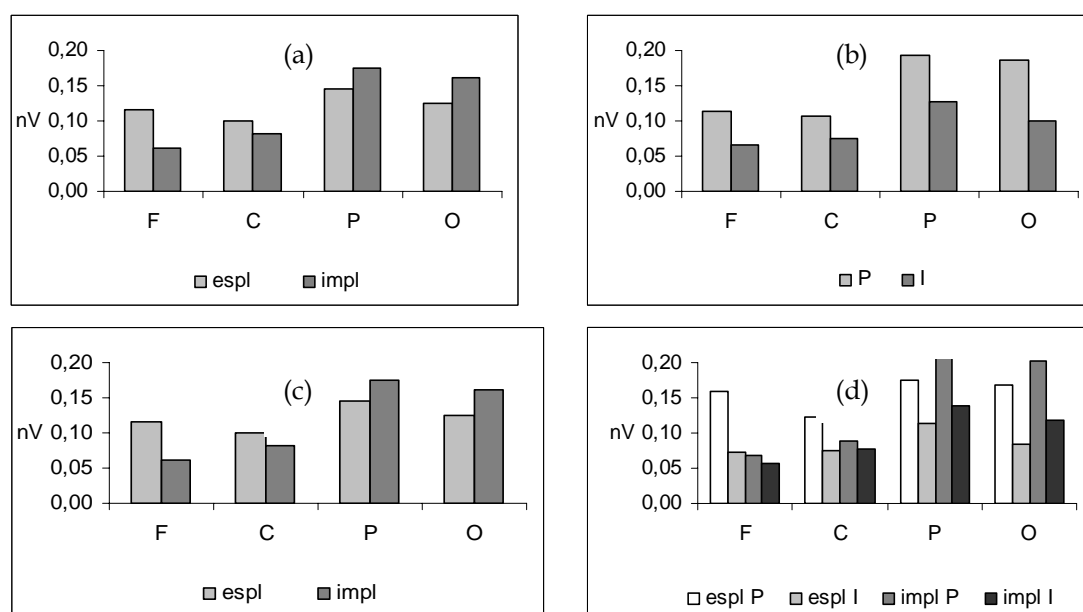


Fig. 79. Confronto paura/incongruente: i grafici illustrano gli effetti condizione (a), condizione*localizzazione (b), localizzazione*task (c) e condizione*localizzazione*task.

Rabbia/incongruente

Confrontando la P300 prodotta da stimoli che esprimono rabbia e stimoli incongruenti emergono la localizzazione parietale del picco ($F(3, N = 30) = 11,941 p < ,001$) (vedi tab. 21) e la maggiore intensità quando le coppie sono congruenti ($F(1, N = 30) = 17,608 p < ,001$), come rappresentato in fig. 80.

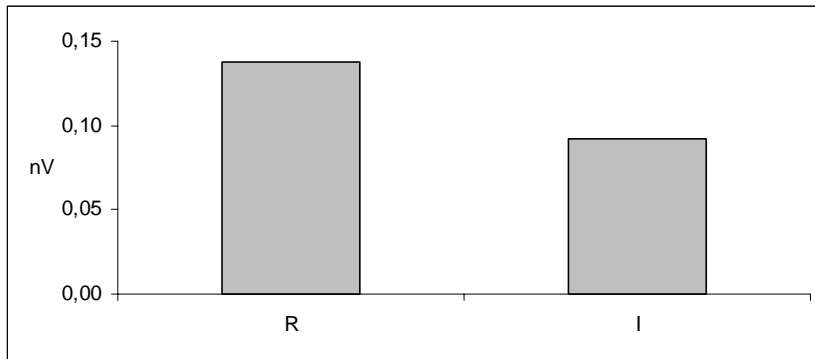
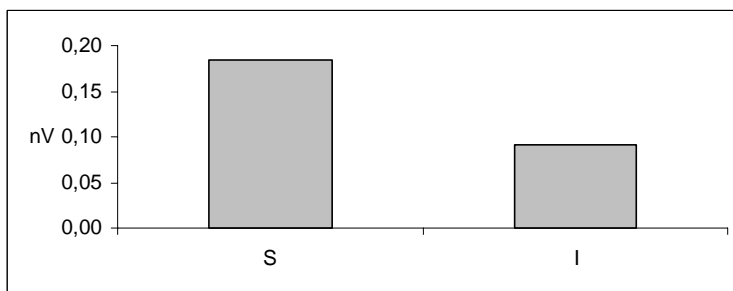


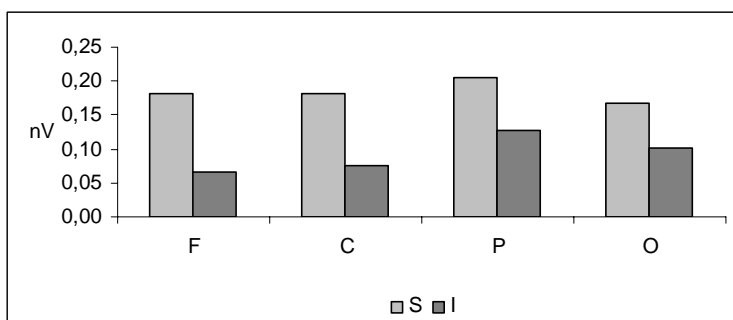
Fig. 80. Intensità del picco P300 elicitato da stimoli esprimenti rabbia e stimoli incongruenti.

Sorpresa/incongruente

Ancora una volta, il picco si conferma prevalentemente parietale ($F(3, N = 30) = 3,358 p = ,022$) (vedi tab. 21). Inoltre, gli stimoli esprimenti sorpresa producono un picco più elevato degli stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 20,956 p < ,001$) (vedi fig. 81a). Tale divario risulta essere particolarmente accentuato nella aree anteriori ($F(3, N = 30) = 5,220 p = ,002$) (vedi fig. 81b).



(a) Fig. 81. Intensità del picco P300 in seguito alla presentazione di stimoli esprimenti sorpresa e stimoli incongruenti (a) e come effetto dell'interazione condizione*task (b).



(b)

Tristezza/incongruente

La localizzazione del picco è parietale ($F(3, N = 30) = 10,581 p <,022$) (vedi tab. 21) e l'intensità è maggiormente accentuata quando gli stimoli esprimono tristezza ($F(1, N = 30) = 6,914 p =,014$), come rappresentato in fig. 82.

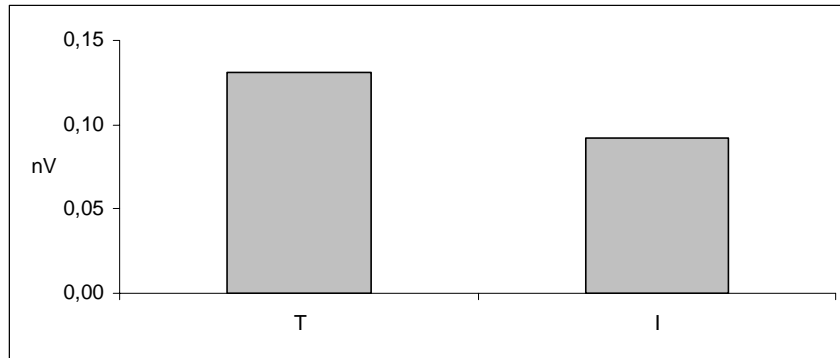


Fig. 82. Ampiezza del picco P300 in seguito alla presentazione di stimoli esprimenti tristezza e stimoli incongruenti.

	D-I		G-I		P-I		R-I		S-I		T-I	
	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds
F	,092	,013	,092	,016	,089	,014	,084	,009	,123	,016	,078	,013
C	,109	,014	,115	,017	,091	,015	,095	,014	,129	,016	,096	,014
P	,157	,018	,161	,022	,159	,019	,152	,018	,165	,020	,153	,018
O	,134	,013	,130	,014	,143	,012	,128	,011	,135	,013	,120	,011

Tab. 21. Media e deviazione standard dell'intensità picco N300 nelle diverse aree corticali, come emerge dal confronto tra le emozioni congruenti e la condizione incongruente.

Latenza

Confronto tra emozioni

Rispetto al picco P300, dal confronto tra le diverse emozioni congruenti emerge unicamente la presenza di tempi più brevi nella aree anteriori, a fronte di un ritardo posteriore della comparsa del picco ($F(3, N = 30) = 33,013 p < ,001$) (vedi tab. 22).

	M	ds
F	317,27	3,83
C	305,86	3,61
P	290,58	3,59
O	282,80	2,91

Tab 22. Media e deviazione standard dei tempi di latenza del picco P300 nelle diverse aree corticali.

Confronto tra le singole emozioni congruenti e la condizione incongruente

Disgusto/incongruente

Confrontando l'effetto degli stimoli esprimenti disgusto e degli stimoli incongruenti, emerge un ritardo del picco P300 nelle aree anteriori ($F(3, N = 30) = 30,867 p < ,001$) (vedi tab. 23). Più nello specifico, questo ritardo avviene soprattutto quando gli stimoli sono incongruenti; nelle aree posteriori, invece, sono gli stimoli esprimenti disgusto a produrre tempi più lenti ($F(3, N = 30) = 2,817 p < ,044$) (vedi fig. 83).

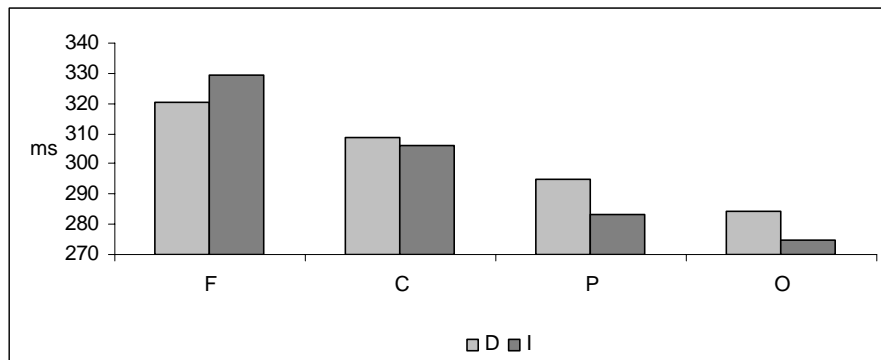


Fig. 83. Latenza del picco P300 in seguito alla presentazione di stimoli esprimenti disgusto e stimoli incongruenti.

Gioia/incongruente

Anche da questa analisi emerge l'allungamento dei tempi in area anteriore ($F(3, N = 30) = 24,629 p < ,001$) (vedi tab. 23) e in caso di congruenza degli stimoli ($F(1, N = 30) = 4,752 p = ,038$) (vedi fig. 84a). L'interazione condizione**localizzazione ($F(3, N = 30) = 5,007 p = ,003$) indica tuttavia che questo trend risulta invertito nella zona frontale, dove i tempi più lunghi sono prodotti dagli stimoli incongruenti (vedi fig. 84b). Infine, in figura 84c si può osservare che sempre in area frontale è il task implicito a portare ad un allungamento della latenza, al contrario di quanto accade nella corteccia centrale, parietale e occipitale ($F(3, N = 30) = 3,012 p = ,035$).

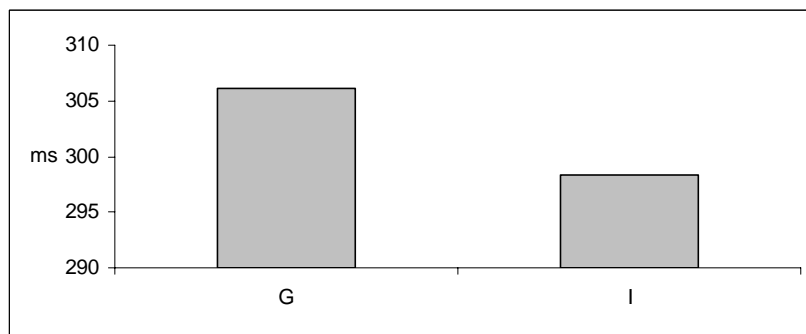
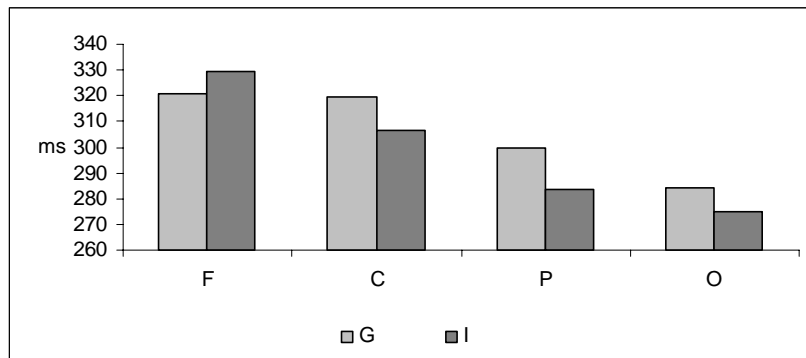
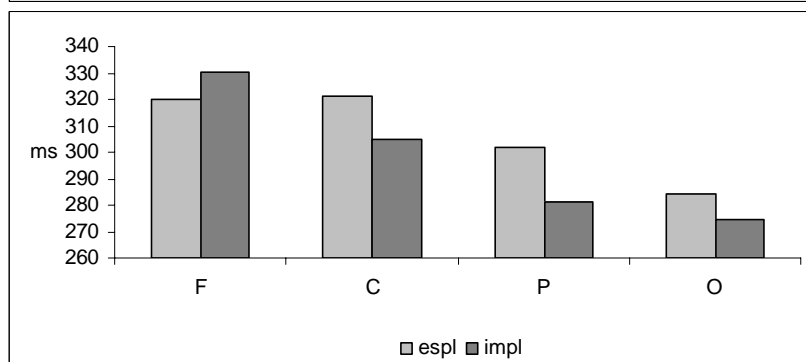


Fig. 84. Latenza del picco P300 rispetto agli effetti condizione (a), localizzazione (b) e localizzazione*task (c).



(b)



(c)

Paura/incongruente

Ancora una volta, i tempi di latenza più rapidi sono localizzati posteriormente ($F(3, N = 30) = 23,546 p < ,001$) (vedi tab. 23). In area frontale è il task implicito a portare ad un allungamento della latenza, al contrario di quanto accade nella corteccia centrale, parietale e occipitale ($F(3, N = 30) = 3,403 p = ,021$) (vedi fig. 85).

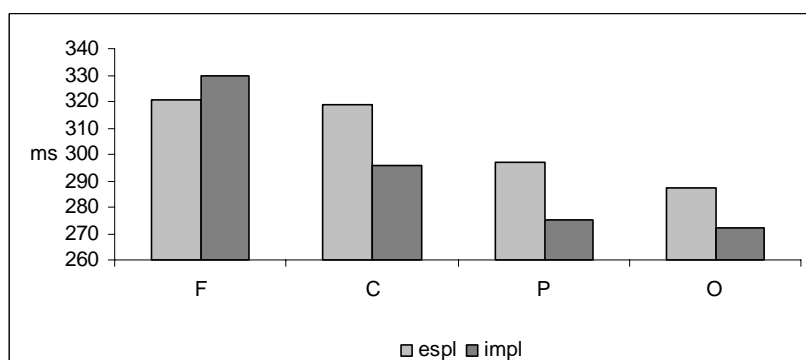


Fig. 85. Latenza della P300 rispetto alla localizzazione e al task.

Rabbia/incongruente

Anche dal confronto tra rabbia e incongruente si evince che i tempi di latenza più rapidi sono localizzati posteriormente ($F(3, N = 30) = 20,431 p < ,001$) (vedi tab. 23). In area frontale e, anche se in misura minore, centrale, i tempi più lunghi sono prodotti dagli stimoli incongruenti ($F(3, N = 30) = 4,896 p = ,003$), come si può osservare in figura 86.

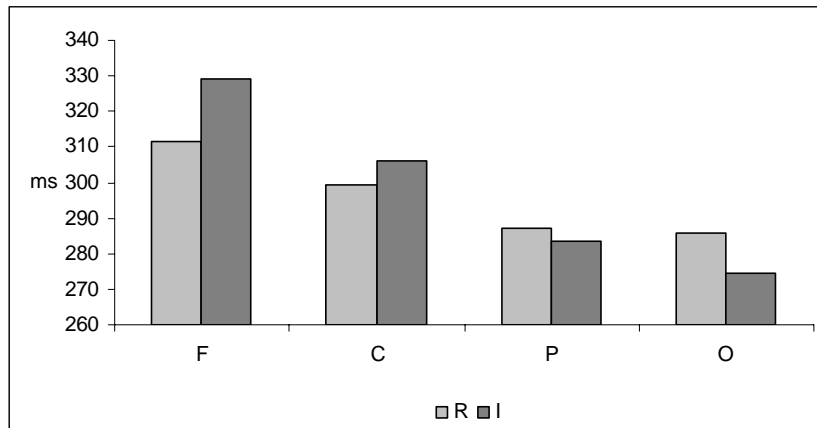


Fig. 86. Latenza della P300 rispetto alla localizzazione e al tipo di stimolo per il confronto rabbia/incongruente.

Sorpresa/incongruente

I tempi di latenza più rapidi sono localizzati posteriormente ($F(3, N = 30) = 19,893 p < ,001$) (vedi tab. 23). I tempi più lunghi sono prodotti dagli stimoli incongruenti in area frontale e, anche se in misura minore, centrale, ($F(3, N = 30) = 4,650 p = ,005$) (vedi fig. 87).

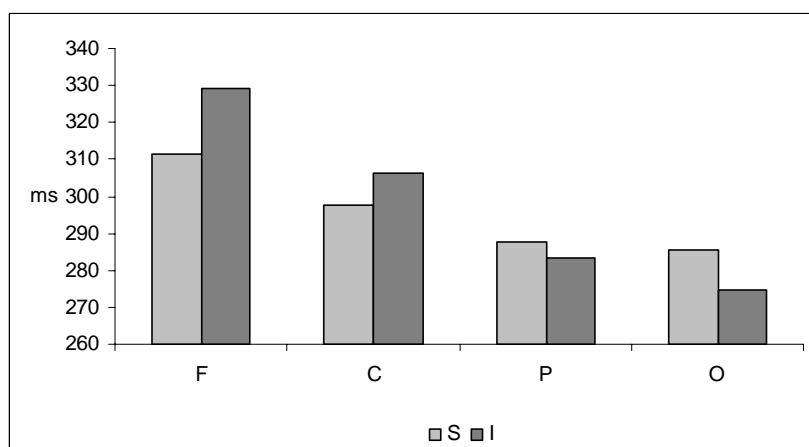


Fig. 87. Latenza della P300 rispetto alla localizzazione e al tipo di stimolo per il confronto sorpresa/incongruente.

Tristezza/incongruente

Dal confronto tra tristezza e condizione incongruente emerge soltanto che i tempi di latenza più rapidi sono localizzati posteriormente ($F(3, N = 30) = 39,539 p < ,001$) (vedi tab. 23).

	D - I		G - I		P - I		R - I		S - I		T - I		Tab. 23. Media e deviazione standard dei tempi di latenza del picco
	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	
F	324,8	5,1	325,2	5,4	325,0	5,0	320,5	5,4	320,4	5,6	323,7	5,1	
C	307,4	5,5	312,9	5,4	307,1	5,9	302,7	5,6	302,0	6,1	304,1	5,8	
P	289,1	4,3	291,4	5,0	286,1	5,2	285,2	4,8	285,5	5,0	284,6	5,7	
O	279,3	4,3	279,5	4,3	279,8	3,9	280,1	4,0	280,1	4,1	273,2	3,5	

N300 nelle diverse aree corticali, come emerge dal confronto tra le emozioni congruenti e la condizione incongruente.

3.2.7. *Indice N400*

Intensità

Confronto tra emozioni

Dal confronto tra le emozioni emerge la prevalente localizzazione posteriore, ed in particolare parietale, del picco N400 ($F(3, N = 30) = 16,488 p < ,001$) (vedi tab. 24).

	M	ds	Tab 24. Media e deviazione standard dell'intensità del picco N400 nelle diverse aree corticali.
F	-,140	,014	
C	-,141	,011	
P	-,204	,014	
O	-,196	,011	

Confronto tra le singole emozioni congruenti e la condizione incongruente

Disgusto/incongruente

Dall'analisi emerge la localizzazione posteriore del picco ($F(3, N = 30) = 17,497 p < ,001$) (vedi tab. 25), come precedentemente esposto, così come la sua accentazione nel caso in cui gli stimoli esprimano disgusto anziché essere incongruenti ($F(1, N = 30) = 54,999 p < ,001$) (vedi fig. 88).

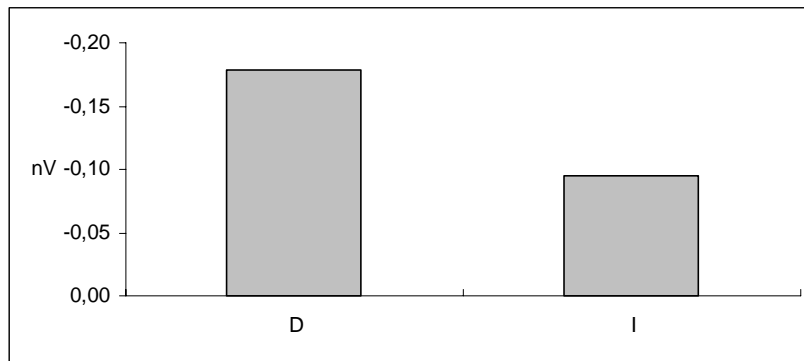


Fig. 88. Intensità del picco N400 in risposta a stimoli esprimenti disgusto e stimoli incongruenti.

Gioia/incongruente

Gli stimoli esprimenti gioia presentano una situazione analoga, con la localizzazione posteriore del fenomeno ($F(3, N = 30) = 11,089$ $p < ,001$) (vedi tab. 25) e valori più elevati quando gli stimoli sono congruenti ($F(1, N = 30) = 37,989$ $p < ,001$) (vedi fig. 89).

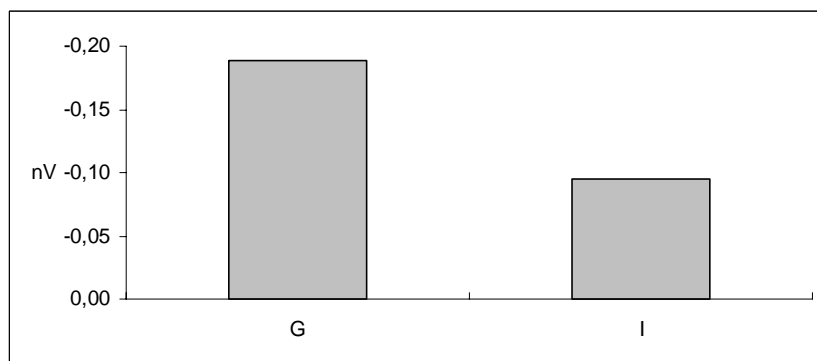


Fig. 89. Intensità del picco N400 in risposta a stimoli esprimenti gioia e stimoli incongruenti.

Paura/incongruente

Anche nel caso della paura, la localizzazione è prevalentemente parietale ($F(3, N = 30) = 12,423$ $p < ,001$) (vedi tab. 25), con un picco più intenso nella condizione congruente rispetto a quella incongruente ($F(1, N = 30) = 24,948$ $p < ,001$), come illustrato in figura 90.

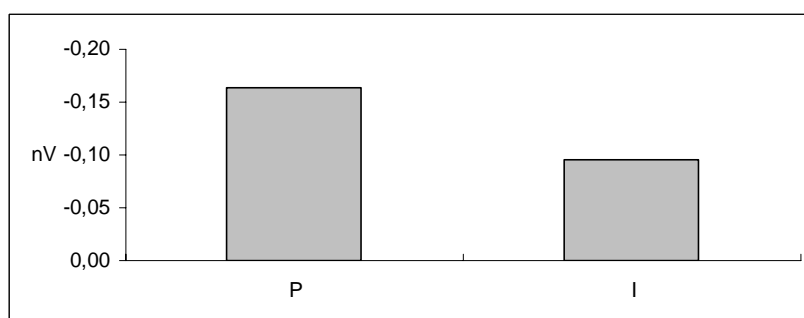


Fig. 90. Ampiezza del picco N400 elicitato da stimoli esprimenti paura e stimoli incongruenti.

Rabbia/incongruente

Ancora una volta, la localizzazione è prevalentemente parietale ($F(3, N = 30) = 12,270$ $p < ,001$) (vedi tab. 25), con un picco più intenso per gli stimoli esprimenti rabbia che per gli stimoli incongruenti ($F(1, N = 30) = 15,108$ $p = ,001$), come illustrato in figura 91a. Bisogna inoltre segnalare una duplice interazione localizzazione*task ($F(3, N = 30) = 2,770$ $p = ,047$) (vedi fig. 91b): nelle aree anteriori, ed in particolar modo frontali, il task esplicito produce un picco molto più intenso di quello prodotto dalla consegna implicita, mentre nelle aree posteriori la situazione risulta essere invertita, se pure con un minore scarto tra le due condizioni.

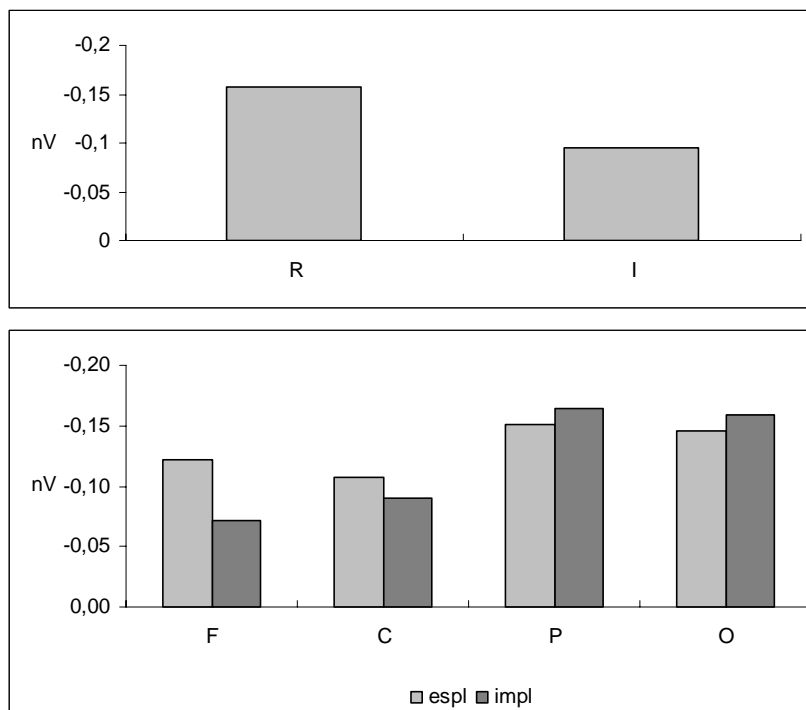


Fig. 91. Ampiezza del picco N400 elicitato da stimoli esprimenti rabbia e stimoli incongruenti (a), e rispetto all'interazione tra il fattore localizzazione e il fattore task (b).

(b)

Sorpresa/incongruente

Anche nel caso della sorpresa, la localizzazione è soprattutto parietale ($F(3, N = 30) = 22,047$ $p < ,001$) (vedi tab. 25), con valori più intensi nella condizione congruente rispetto a quella incongruente ($F(1, N = 30) = 13,064$ $p = ,001$) (vedi fig. 92).

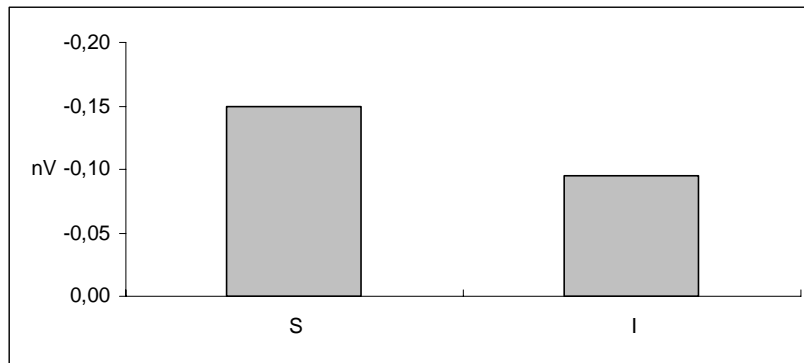


Fig. 92. Intensità del picco N400 elicitato da stimoli esprimenti sorpresa e da stimoli incongruenti.

Tristezza/incongruente

Infine, un'analoga situazione contraddistingue il confronto tristezza/incongruente, con una localizzazione posteriore, in particolare parietale ($F(3, N = 30) = 20,755$ $p < ,001$) (vedi tab. 25), e con una maggiore intensità di picco nel caso degli stimoli congruenti esprimenti tristezza ($F(1, N = 30) = 40,068$ $p < ,001$) (vedi fig. 93).

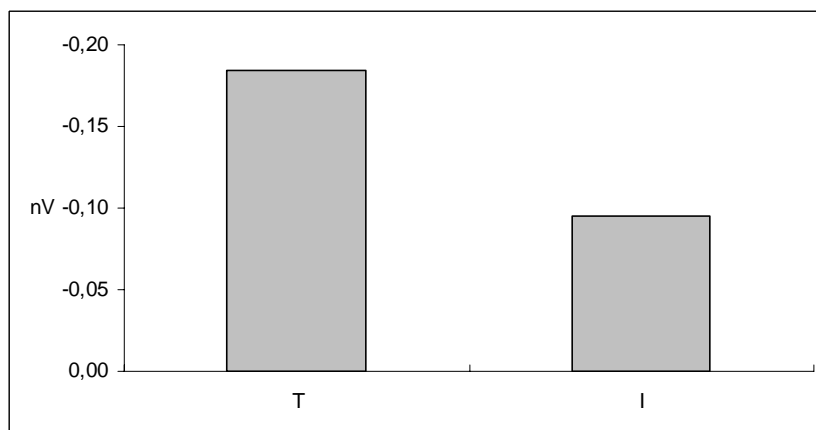


Fig. 93. Intensità del picco N400 in seguito alla presentazione di stimoli congruenti esprimenti tristezza e stimoli incongruenti.

	D - I		G - I		P - I		R - I		S - I		T - I	
	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds	M	ds
F	-,103	,012	,092	,016	,089	,014	,084	,009	-,085	,012	-,103	,012
C	-,108	,011	,115	,017	,091	,015	,095	,014	-,096	,011	-,113	,010
P	-,173	,015	,161	,022	,159	,019	,152	,018	-,157	,015	-,176	,014
O	-,164	,010	,130	,014	,143	,012	,128	,011	-,151	,012	-,166	,011

Tab. 25. Media e deviazione standard dell'intensità del picco N400 nelle diverse aree corticali, come emerge dal confronto tra le emozioni congruenti e la condizione incongruente.

*Latenza**Confronto tra emozioni*

Confrontando tra loro le diverse emozioni congruenti rispetto alla latenza del fenomeno N400 si rileva un'interazione condizione*task ($F(1, N = 30) = 2,817 p < ,019$): in figura 94 si nota che per la paura e la sorpresa i valori di picco sono nettamente più elevati quando il task è implicito. Per la tristezza invece è il task esplicito a produrre valori molto più elevati. Per il disgusto, la gioia e la rabbia, non si rilevano invece differenze rilevanti tra i due tipi di consegna sperimentale.

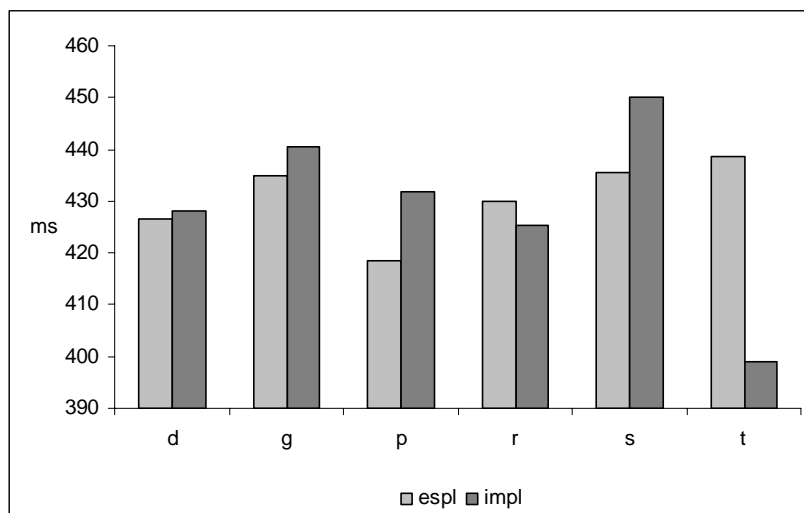


Fig. 94. Intensità del picco N400 in funzione del tipo di emozione e della consegna sperimentale esplicita e implicita.

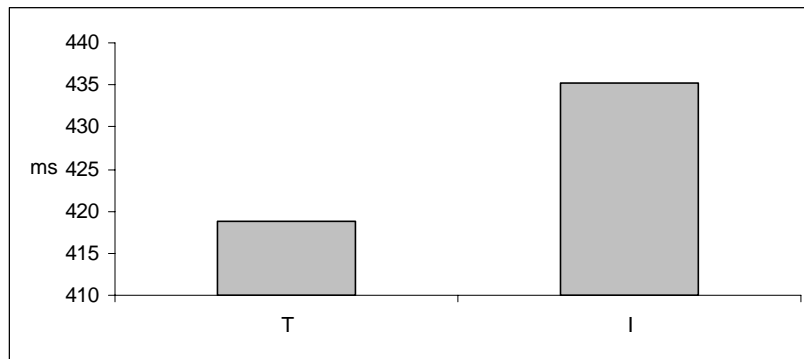
Confronto tra le singole emozioni congruenti e la condizione incongruente

Dal confronto tra ciascuna emozione congruente e la condizione incongruente non emerge nessun risultato significativo per il disgusto, la gioia, la paura, la rabbia e la sorpresa. Vengono invece esposti i dati relativi alla tristezza, la cui analisi hanno messo in evidenza alcune significatività.

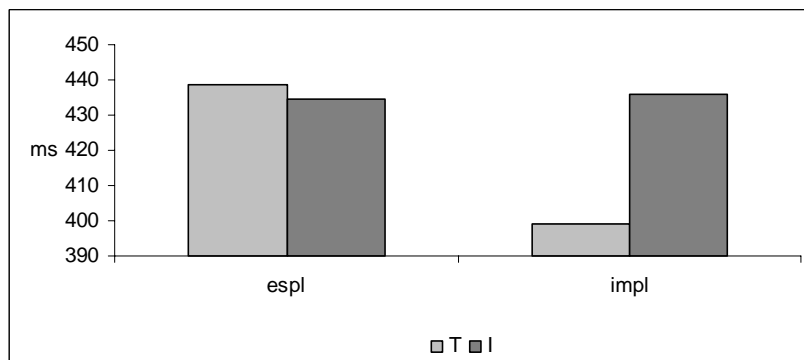
Tristezza/incongruente

Rispetto al confronto tra tristezza e condizione incongruente, emerge un notevole allungamento dei tempi di latenza per la condizione incongruente ($F(1, N = 30) = 4,558 p < ,041$) (vedi fig. 95a). Questa tendenza risulta essere notevolmente accentuata

quando la consegna sperimentale è implicita ($F(1, N = 30) = 8,873 p < ,006$), come rappresentato in figura 95b.



(a) Fig. 95. Latenza del picco N400 per gli stimoli esprimenti tristezza e gli stimoli incongruenti (a) e in funzione della condizione e del task esplicito e implicito (b).



(b)

3.3. La condizione di incongruenza: ulteriori analisi

Al fine di approfondire l'esplorazione di possibili differenziazioni legate alla condizione di incongruenza all'interno dell'universo emotivo, alla finestra temporale 150-250 ms sono state applicate le seguenti analisi accompagnate, dove necessario, dai successivi confronti appaiati:

- Anova a misure ripetute localizzazione (var. within a 4 livelli: frontale, centrale, parietale, occipitale) x emozione (var. within a 6 livelli: disgusto, gioia, paura, rabbia, sorpresa, tristezza incongruenti)
- Per ciascuna emozione: anova a misure ripetute localizzazione (var. within a 4 livelli: frontale, centrale, parietale, occipitale) x condizione (var. within a 2 livelli: emozione congruente/emozione incongruente)

3.3.1. Indice N200

Intensità

Confronto tra le sei emozioni incongruenti

L'anova evidenzia un effetto significativo emozione*localizzazione ($F(15, N = 30) = 2,571, p = ,001$) (vedi fig. 102). A fronte di una generale prevalente localizzazione frontale, rispetto alle altre aree corticali si nota una distribuzione disomogenea in funzione delle diverse emozioni.

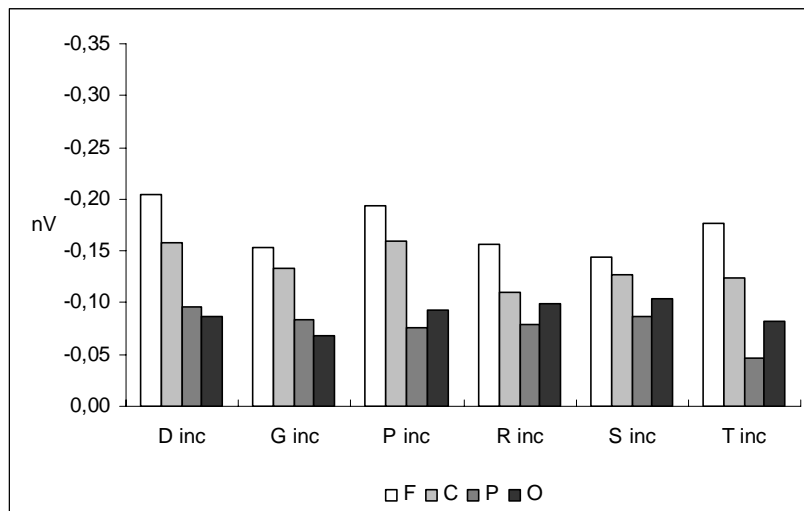


Fig. 102. Intensità del picco N200 per le diverse emozioni incongruenti in funzione della localizzazione corticale.

Analisi condotte sulle singole emozioni

Soltanto le emozioni della paura e della rabbia mostrano differenze significative. Per entrambe, infatti, le analisi hanno fatto emergere un effetto di interazione condizione*localizzazione (rispettivamente per la paura ($F(3, N = 30) = 3,432, p = ,020$) e per la rabbia ($F(3, N = 30) = 3,674, p = ,015$)) (vedi fig. 103). Rispetto alla paura, la condizione incongruente fa registrare valori più elevati in tutte le aree dello scalpo, tranne che in quella occipitale; nel caso della rabbia, si verifica una situazione inversa, con valori più accentati per la condizione di congruenza in tutte le aree tranne che in quella occipitale.

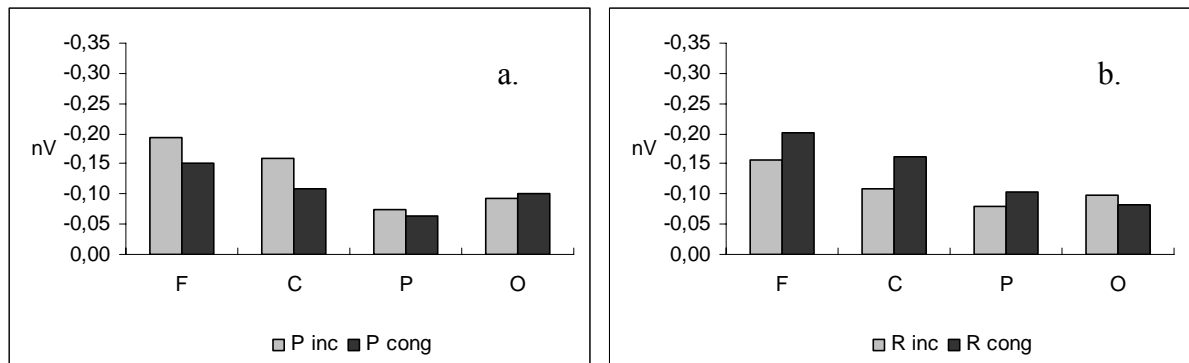


Fig. 103. Ampiezza del picco N200 per paura (a.) e rabbia (b.) in funzione dell'interazione tra condizione e localizzazione.

Latenza

Rispetto alla latenza, dalle analisi non risulta alcun effetto significativo.

3.3.2. *Indice P200*

Intensità

Confronto tra le sei emozioni incongruenti

Confrontando tra loro le sei emozioni nella condizione di incongruenza, emerge un effetto di interazione tra le variabili emozione e localizzazione ($F(15, N = 30) = 3,960, p < ,001$). In particolare, come si può osservare in figura 104, per tutte le emozioni la localizzazione è prevalentemente parietale, mentre si osserva una distribuzione maggiormente variegata nelle altre zone della corteccia.

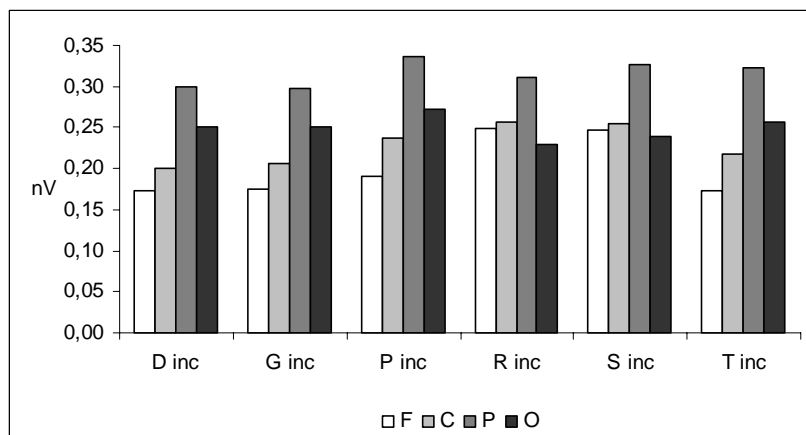


Fig. 104. Intensità del picco P200 per le diverse emozioni incongruenti in funzione della localizzazione corticale.

Analisi condotte sulle singole emozioni

Le emozioni di gioia ($F(3, N = 30) = 5,256, p = ,002$) e paura ($F(3, N = 30) = 3,644, p = ,016$) presentano un effetto significativo condizione*localizzazione (vedi fig. 105). Per l'emozione della gioia, nelle aree anteriori i valori più elevati si manifestano nella condizione di congruenza, mentre nelle aree posteriori è la condizione di incongruenza a elicitare un picco più accentuato. Nel caso della paura, invece, è sempre la condizione di incongruenza a presentare valori più elevati, eccetto che nella zona frontale.

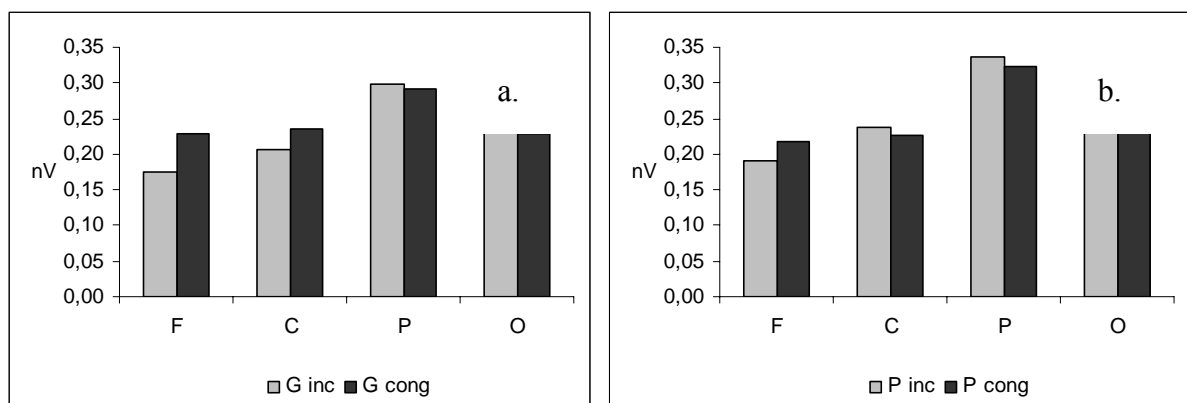


Fig. 105. Ampiezza del picco N200 per gioia (a.) e paura (b.) in funzione dell'interazione tra condizione e localizzazione.

Latenza

Rispetto alla latenza, le analisi indicano una differenziazione dei tempi di comparsa del picco per l'emozione della sorpresa, con un effetto significativo condizione*localizzazione ($F(3, N = 30) = 2,676, p = ,052$) (vedi fig. 106): nelle aree anteriori si rilevano tempi ritardati per la congruenza, mentre in area occipitale i tempi subiscono invece un ritardo nella condizione di incongruenza.

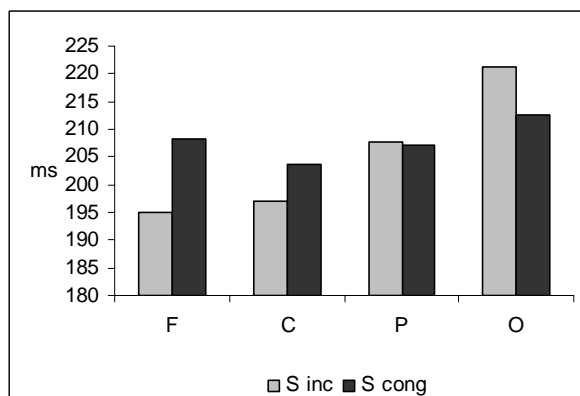


Fig. 106. Tempi di latenza del picco P200 per l'emozione della paura, nella condizione di congruenza/incongruenza e nelle diverse aree corticali.

4. I dati comportamentali: analisi statistica

I dati di natura comportamentale (tempi di reazione) sono stati esplorati utilizzando come prima analisi un'ANOVA a misure ripetute utilizzando il fattore condizione (congruente/incongruente). L'analisi ha mostrato che i tempi di risposta alle coppie di stimoli congruenti e i tempi di risposta alle coppie di stimoli incongruenti non presentano differenze significative ($F(1, N = 30) = ,627 p = ,435$). Anche il fattore task, inserito in un secondo momento nell'analisi, non è risultato essere significativo ($F(1, N = 30) = ,731 p = ,400$).

Successivamente, è stata fatta girare un'ANOVA a misure ripetute impiegando il fattore emozione (variabile within a 6 livelli: disgusto, gioia, paura, rabbia, sorpresa, tristezza congruenti): l'analisi ha rivelato un'incidenza di tale fattore sui tempi di risposta ($F(5, N = 30) = 32,909, p < ,001$) (vedi fig. 107). Rispetto a tale effetto, è stata applicata un'analisi dei contrasti, dalla quale si evince che i TR più rapidi si registrano per le emozioni della tristezza e del disgusto, seguite dalla gioia. I tempi più lunghi sono invece prodotti da paura, rabbia e sorpresa.

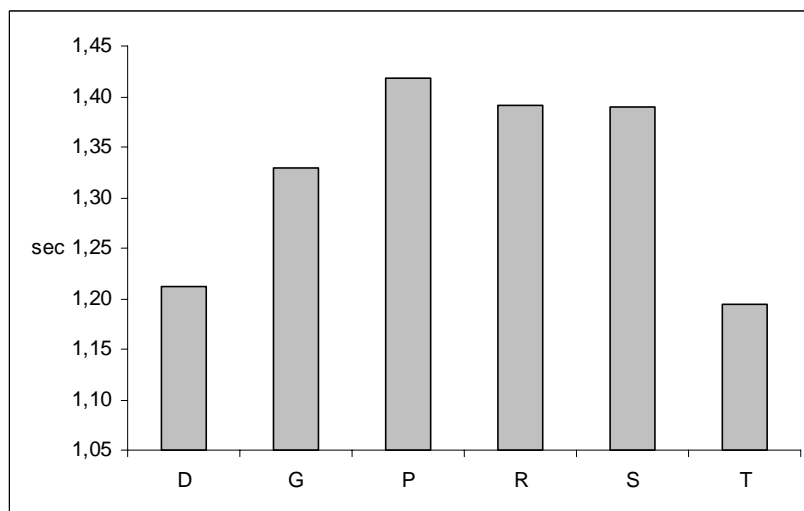


Fig. 102. Tempi di risposta alle diverse coppie di emozioni congruenti.

La medesima analisi è stata condotta mettendo a confronto le diverse emozioni nella condizione di incongruenza: i confronti a coppie indicano che sono in particolare i tempi dell'emozione della rabbia (molto rapidi) a differenziarsi da quelli delle emozioni positive (gioia) e a basso arousal (disgusto e tristezza); esiste

una differenza significativa anche tra tristezza (che ha tempi di risposta piuttosto lunghi) e sorpresa ($F(5, N = 30) = 2,547, p = ,031$) (vedi fig. 103).

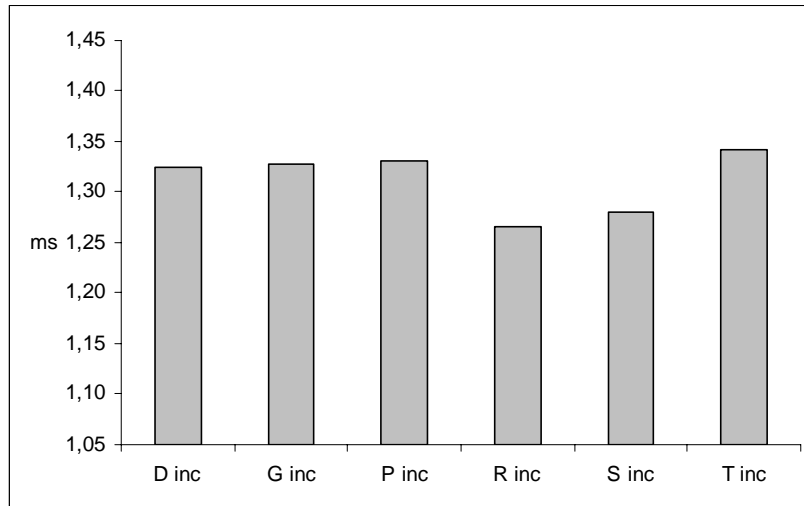


Fig. 103. Tempi di risposta alle diverse coppie di emozioni incongruenti.

In un'ultima fase di analisi, grazie ad una serie di ANOVA a misure ripetute, i tempi di risposta di ciascuna emozione nella condizione di congruenza sono stati confrontati con i tempi di risposta della stessa emozione nella condizione di incongruenza. Eccone i risultati, che mostrano come per tutte le emozioni, tranne che per la gioia, la condizione sperimentale incide sui tempi di risposta (vedi fig. 103):

- disgusto: ($F(1, N = 30) = 12,946, p = ,001$)
- gioia: non significativo
- paura: ($F(1, N = 30) = 10,754, p = ,003$)
- rabbia: ($F(1, N = 30) = 16,527, p < ,001$)
- sorpresa: ($F(1, N = 30) = 16,491, p < ,001$)
- tristezza: ($F(1, N = 30) = 31,653, p < ,001$)

In particolare, si nota che disgusto e tristezza hanno tempi più rapidi per la condizione di congruenza, mentre per le emozioni negative ad alto arousal e cioè rabbia, sorpresa e paura, i tempi sono più brevi per la condizione di congruenza.

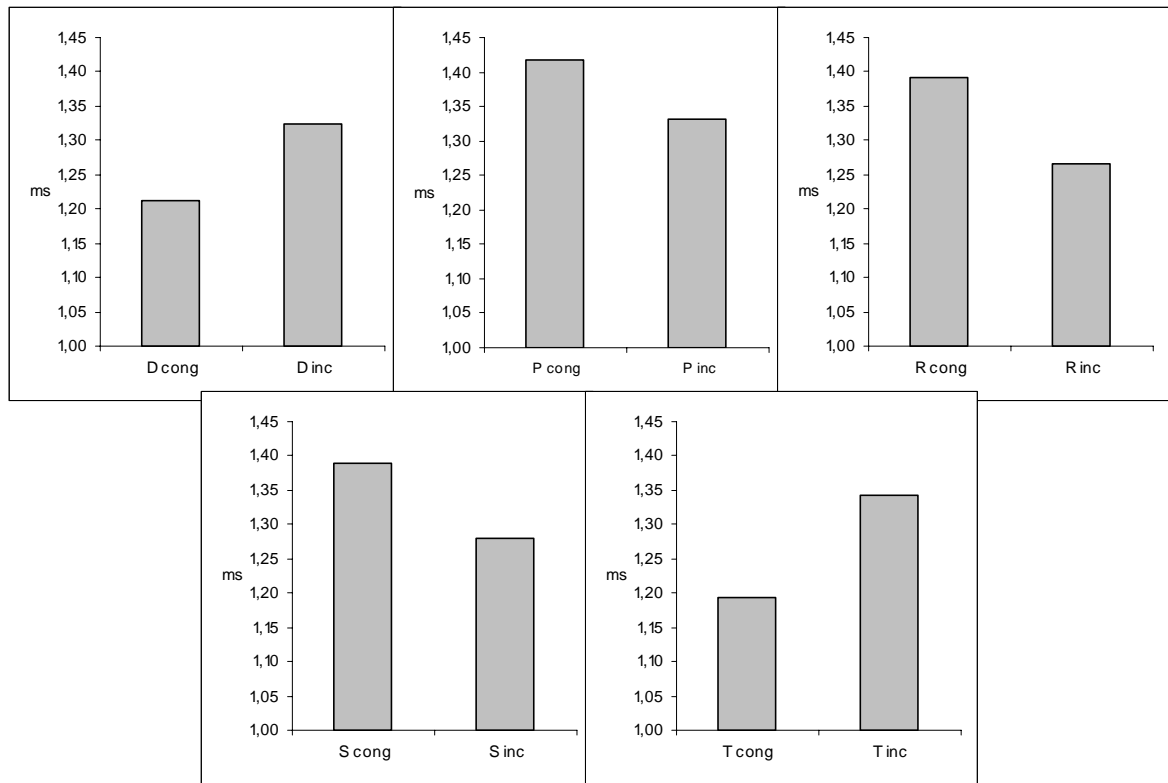


Fig. 103. Tempi di risposta alle diverse emozioni , per la condizione di congruenza e di incongruenza.