

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE

TESI DI DOTTORATO

Apprendimento e memoria dei volti:
esame degli effetti categoriali e delle
espressioni facciali

Autore:

Martina Lorenzino

Tutor:

Corrado Caudek

Dipartimento di Neuroscienze, Psicologia,

Area del Farmaco e Salute del Bambino

NEUROFARBA

Anni 2012/2014



“There seems something more speakingly incomprehensible in the powers, the failures, the inequalities of memory, than in any other of our intelligences”

Jane Austen

Abstract (versione italiana)

La mia tesi di dottorato descrive i risultati di quattro ricerche riguardanti la memoria e l'apprendimento dei volti. Nella prima e seconda ricerca ho valutato le prestazioni di memoria relative a caratteristiche facciali transienti, per volti in orientamento canonico e invertito, e per volti other-race e same-race. La discriminabilità percettiva degli stimoli è stata controllata. Le prestazioni sono risultate meno accurate per volti in orientamento canonico rispetto a volti invertiti e per volti same-race rispetto a volti other-race. La terza ricerca riporta i risultati di un esperimento sull'apprendimento percettivo implicito. Nella fase di apprendimento i soggetti svolgevano un compito di discriminazione del contrasto su stimoli-volto, ma non erano consapevoli di variazioni irrilevanti per il compito relative alle proprietà transienti dei volti. Un apprendimento implicito si è verificato solo quando le variazioni irrilevanti per il compito avevano un contenuto emotivo. Nell'ultima ricerca ho indagato la precisione della memoria per attributi transienti usando il metodo del "continuous report" (Zhang & Luck, 2008), con volti espressivi e neutri eguagliati per discriminabilità percettiva attraverso il metodo dello scaling fechneriano. I risultati mostrano che la precisione della memoria diminuisce al crescere dell'intensità dell'espressione emotiva. In generale, i risultati di questi esperimenti mettono in luce l'importanza dei processi categoriali per la memoria dei volti e l'importanza delle espressioni facciali per l'apprendimento delle facce.

Abstract (english version)

This thesis presents the results of four studies of face memory and learning in humans. The first two studies examined memory performance for transient facial features, when faces were presented upright and upside-down, and for same-race and other-race faces. The perceptual discriminability of the stimuli was controlled. Memory performance was worst for upright compared to upside-down faces, and for same-race compared to other-race faces. The third study describes a task-irrelevant perceptual learning experiment. In the learning phase, participants performed a contrast discrimination task on face stimuli, but they were not informed that transient facial features also varied from trial to trial. Task-irrelevant perceptual learning occurred, but only when the task-irrelevant features were endowed of an emotional content. The last study examined the fidelity of visual memory for emotional and neutral faces equated in terms of perceptual discriminability with a Fechnerian scaling procedure. The “continuous report procedure” of Zhang and Luck (2008) was used. The results show that memory precision decreases as the intensity of facial emotions increases. In general, the results of these experiments highlight the importance of the categorical processes for facial memory and the importance of facial expressions for face learning.

Indice

Abstract (versione italiana)	ii
Abstract (english version)	iii
Indice	iv
Elenco delle figure	viii
Elenco delle tabelle	xv
Ringraziamenti	xvi
Introduzione	xvii
1 Giudicare l'identità e l'espressione di un volto: L'effetto di inversione dei volti nella memoria a breve termine	1
1.1 Introduzione	2
1.1.1 L'elaborazione dell'identità e delle espressioni facciali	3
1.1.2 Disegno sperimentale	4
1.1.3 Predizioni	5
1.1.3.1 Identità facciale	5
1.1.3.2 Espressioni emotive	6
1.2 Pre-tests	6
1.2.1 Metodo	6
1.2.1.1 Partecipanti	6
1.2.1.2 Apparato	7
1.2.1.3 Stimoli	8
1.2.1.4 Procedura	8
1.2.2 Risultati	9
1.2.3 Discussione	10
1.3 Esperimenti	10
1.3.1 Metodo	10

1.3.1.1	Partecipanti	10
1.3.1.2	Stimoli e procedura	10
1.3.2	Analisi dei dati	11
1.3.3	Risultati	11
1.3.3.1	Esperimento 1	11
1.3.3.2	Esperimento 2	12
1.3.4	Discussione	12
1.4	Discussione generale	12
2	Effetti di categorizzazione sulla memoria di volti “other-race”	17
2.1	Introduzione	18
2.1.1	Teorie sull’effetto “other-race”	19
2.1.1.1	La precisione in memoria e le teorie sull’ORE	21
2.1.2	Disegno sperimentale	21
2.1.3	Risultati attesi	23
2.2	Metodo	23
2.2.1	Partecipanti	23
2.2.2	Stimoli	24
2.2.3	Procedura	24
2.2.3.1	Compito di matching simultaneo	24
2.2.3.2	Compito di matching ritardato	25
2.2.4	Analisi dei dati	25
2.2.5	Risultati	26
2.2.5.1	Analisi degli hits e dei falsi allarmi	27
2.2.6	Discussione	28
2.3	Discussione generale	29
2.4	Conclusioni	31
3	L’influenza delle emozioni nell’apprendimento percettivo dei volti	32
3.1	Introduzione	33
3.1.1	La discriminazione dei volti	33
3.1.2	L’apprendimento visivo percettivo	33
3.1.3	L’apprendimento percettivo dei volti	34
3.1.4	L’apprendimento percettivo senza sforzo cosciente	35
3.1.5	Le emozioni e la discriminazione dei volti	36
3.1.6	Le emozioni e l’apprendimento	36
3.1.7	Disegno sperimentale	37
3.2	Metodo	39
3.2.1	Partecipanti	39

3.2.2	Apparato	40
3.2.3	Stimoli	40
3.2.4	Procedura	41
3.2.4.1	Pre-training e post-training tests	41
3.2.4.2	Apprendimento implicito	45
3.3	Risultati	47
3.3.1	Effetti dell'apprendimento implicito sulla discriminazione dei volti	47
3.3.2	Apprendimento nella discriminazione del contrasto	49
3.3.3	Differenze individuali nell'apprendimento percettivo	49
3.3.4	Discussione	51
3.4	Discussione generale	53
3.4.1	Conclusioni	56
4	La precisione del ricordo di volti con valenza emotiva	58
4.1	Introduzione	59
4.1.1	La memoria per le espressioni facciali	60
4.1.2	La fedeltà della memoria	62
4.1.3	Disegno sperimentale	63
4.2	Metodo	65
4.2.1	Partecipanti	65
4.2.2	Apparato	66
4.2.3	Stimoli	66
4.2.4	Procedura	66
4.2.4.1	Pre-tests	66
4.2.4.2	Esperimenti 1-2	68
4.3	Risultati	70
4.3.1	Esperimento 1	70
4.3.2	Esperimento 2	71
4.4	Discussione	72
4.5	Discussione generale	73
4.6	Conclusioni	76
	Discussione generale	77
	Gli effetti della categorizzazione sulla discriminazione dei volti	78
	L'influenza dell'esperienza visiva nella discriminazione dei volti	79
	La precisione in memoria per attributi facciali diversi	80
	Direzioni future	82
	Conclusioni	83

Bibliografia

85

Elenco delle figure

1.1	Esempi degli stimoli utilizzati. a-b . Continua di morphing dell'identità facciale. a . Continuum di morphing tra due volti in orientamento canonico che hanno identità diversa ed espressione neutra; b . Continuum di morphing tra due volti in orientamento invertito. Gli estremi sono le stesse immagini del continuum dell'identità facciale in orientamento canonico, ma ruotate di 90°. c-d . Continua di morphing delle espressioni emotive. c . Continuum di morphing tra un volto in orientamento canonico con espressione neutra [frame 1] e lo stesso volto con espressione felice [frame 100]; d . Continuum di morphing tra volti in orientamento invertito, gli estremi sono le stesse immagini del continuum delle espressioni emotive in orientamento canonico, ma ruotate di 90°.	7
1.2	La figura mostra un esempio delle immagini utilizzate per la costruzione di un continuum dell'identità facciale (Esperimento 1). Il volto G è stato generato dalle immagini originali A, B, D, E; il volto g è stato generato dalle immagini a, b, d, e. Un continuum di morphing costituito da 100 immagini è stato poi generato tra l'immagine G e l'immagine g. La stessa procedura è stata utilizzata per generare i tre continua di morphing usati nell'Esperimento 1 e i quattro continua di morphing utilizzati nell'Esperimento 2.	9

- 1.3 Rappresentazione schematica del disegno sperimentale dell'Esperimento 1. Pannelli **a-b**: due volti vengono presentati fianco a fianco e i partecipanti devono giudicare se sono uguali o diversi (compito di matching simultaneo). Il volto standard corrispondeva sempre all'immagine 10 del continuum del morphing, mentre il volto di confronto variava in ogni trial. Le funzioni psicometriche mostrate nei Pannelli a e b rappresentano la proporzione di risposte "diverso" in funzione del valore lungo il continuum del morphing dello stimolo di confronto. Esempi della procedure sono mostrati all'interno di ogni plot. Dalle funzioni psicometriche di ogni partecipante e di ogni continuum, abbiamo determinato i valori delle immagini lungo il continuum del morphing che producevano il 55%, 65%, 75%, e 85% di risposte "diverso". Per esempio, collassando i dati di tutti i partecipanti e di tutti i continui, la probabilità dello .65 corrisponde al valore di 34.55 e 44.04 lungo il continuum del morphing, per volti canonici (Pannello a) e volti invertiti (Pannello b), rispettivamente. 2. Pannelli **c-d**. Esempio di ogni trial per il compito di matching ritardato. In questo esempio, i valori lungo il continuum del morphing 10, 35 e 10,44 (che entrambe corrispondono, nel compito di matching simultaneo, alla probabilità di .65 di risposte "diverso") sono usati nel compito di matching ritardato per i volti in orientamento canonico (Pannello c) e in orientamento invertito (Pannello d), rispettivamente. La procedura descritta nella figura è stata applicata separatamente per ogni osservatore e ogni continuum. 15
- 1.4 Sensibilità (d') nel compito di matching ritardato in funzione dei livelli di discriminazione percettiva delle immagini presentate durante il compito, per volti in orientamento canonico e invertito. Il pannello di sinistra mostra le prestazioni di riconoscimento per variazioni lungo il continuum dell'identità facciale (Esperimento 1); il pannello di destra mostra le prestazioni di riconoscimento per variazioni lungo il continuum delle espressioni emotive (Esperimento 2). 16
- 1.5 Media della proporzione di risposte corrette nel compito di matching ritardato, in funzione dei livelli di discriminazione percettiva delle immagini presentate, per volti in orientamento canonico e invertito. Il pannello di sinistra mostra le prestazioni di riconoscimento per variazioni lungo il continuum dell'identità facciale (Esperimento 1); il pannello di destra mostra le prestazioni di riconoscimento per variazioni lungo il continuum delle espressioni emotive (Esperimento 2). 16

2.1	Esempi degli stimoli. a-b . I due continua dei volti caucasici sono stati generati attraverso una procedura di morphing tra due immagini che rappresentano volti femminili caucasici con diversa identità (a), e volti maschili caucasici con diversa identità (b), tutti con espressione neutra. I due continua cinesi sono stati generati attraverso una procedura di morphing tra due immagini che rappresentano volti femminili cinesi con diversa identità (c), e volti maschili cinesi con diversa identità (d), tutti con espressione neutra.	22
2.2	Procedura generale. a . Esempio di un continuum di morphing di volti cinesi. b . Compito di matching simultaneo. I partecipanti indicavano se due volti presentati simultaneamente erano uguali o diversi. c . Compito di matching ritardato. I partecipanti indicavano se due volti presentati consecutivamente erano uguali o diversi. Le immagini presentate in questo compito corrispondevano alle immagini che avevano prodotto il 55% (non mostrato nella figura) e l'82% di risposte "diverso" nel compito di matching simultaneo.	26
2.3	d' in funzione del Gruppo etnico (<i>volti caucasici; volti cinesi</i>) e dell'Orientamento (<i>volti in orientamento canonico; volti in orientamento invertito</i>) per variazioni tra le immagini corrispondenti al 55% e all' 82% di discriminazioni corrette (<i>livello di discriminazione percettiva</i>). Le barre di errore indicano l'errore standard della media entro soggetti di Cousineau-Morey (Cousineau, 2005; Morey, 2008).	27
2.4	Effetto di inversione in funzione del Gruppo etnico e del Livello di discriminazione percettiva. L'effetto di inversione è calcolato come la differenza tra il d' misurato per i volti con orientamento canonico e il d' misurato per i volti con orientamento invertito. Le barre di errore indicano l'errore standard della media entro soggetti di Cousineau-Morey (Cousineau, 2005; Morey, 2008).	28
3.1	Esempi degli stimoli utilizzati. a-b . Continua di morphing dell'identità facciale (espressione neutra). IC1: morphing tra l'immagine <i>50% A Neutro + 50% B Neutro</i> [frame 1] e l'immagine <i>50% C Neutro + 50% D Neutro</i> [frame 100]; IC2: morphing tra l'immagine <i>50% E Neutro + 50% F Neutro</i> [frame 1] e l'immagine <i>50% G Neutro + 50% H Neutro</i> [frame 100]. c-d . Continua di morphing delle espressioni emotive. EC1: morphing tra l'immagine <i>50% A Neutro + 50% B Neutro</i> [frame 1] e l'immagine <i>50% A Felice + 50% B Felice</i> [frame 100]; EC2: morphing tra l'immagine <i>50% E Neutro + 50% F Neutro</i> [frame 1] e l'immagine <i>50% E Arrabbiato + 50% F Arrabbiato</i> [frame 100].	38

3.2	Disegno sperimentale.	39
3.3	Procedura usata per generare i quattro continua di morphing utilizzati nello studio. La figura mostra la costruzione dei continua IC1 e EC1. a. Il continuum di morphing IC1 tra due identità diverse e con espressione neutra: le immagini 1 (<i>50% A Neutro + 50% B Neutro</i>) e 100 (<i>50% C Neutro + 50% D Neutro</i>) sono state generate selezionando il frame corrispondente alla posizione 50 del continuum di morphing tra le immagini <i>A Neutro</i> , <i>B Neutro</i> e <i>C Neutro</i> , <i>D Neutro</i> , rispettivamente. b. Il continuum di morphing Neutro-Felice: le immagini 1 e 100 sono state generate selezionando il frame corrispondente alla posizione 50 del continuum di morphing tra le immagini <i>A Neutro</i> , <i>B Neutro</i> , and <i>A Felice</i> , <i>B Felice</i> , rispettivamente.	42
3.4		44
3.4	Procedura. a. Pre-test e Post-test. Pannello di sinistra: I partecipanti indicavano quale di due volti fosse più simile all'immagine 100 del continuum di morphing IC1. Pannello di destra: I partecipanti indicavano quale di due volti aveva l'espressione più arrabbiata. Per il continuum EC1 (non mostrato nella Figura), i partecipanti indicavano quale dei due volti aveva l'espressione più felice. b. Fase di training. I partecipanti indicavano quale tra due volti aveva il contrasto più alto. Pannello di sinistra: Una "perturbazione" lungo il continuum dell'identità facciale rappresentava la caratteristica irrilevante per il gruppo Identità. Pannello di destra: Una "perturbazione" lungo il continuum delle espressioni facciali rappresentava la caratteristica irrilevante per il gruppo Espressioni. c. Esempi di caratteristiche irrilevanti utilizzate durante il training sul contrasto. Pannello di sinistra: variazioni irrilevanti lungo il continuum dell'identità facciale. Pannello di destra: variazioni irrilevanti lungo il continuum delle espressioni emotive. I cambiamenti delle immagini sotto e a livello di soglia sono stati determinati, per ogni partecipante, per ogni continuum di morphing, nella fase di pre-test dell'esperimento con una procedura di QUEST, con frequenza di successo del 55% e 82%, rispettivamente.	45

- 3.5 Media dei rapporti della soglia (soglie misurate al post-test diviso soglie misurate al pre-test) per il compito di discriminazione dei volti, in funzione del gruppo. Durante il training, il gruppo Identità è stato esposto a variazioni irrilevanti lungo la dimensione dell'identità facciale e il gruppo Emozioni è stato esposto a variazioni irrilevanti lungo la dimensione delle espressioni emotive. Il gruppo di Controllo non è stato esposto a nessuna fase di training. Le barre scure e chiare indicano i risultati ottenuti quando i partecipanti sono stati testati lungo la dimensione delle espressioni emotive e dell'identità facciale, rispettivamente. Le soglie di discriminazione percettiva sono state misurate con la procedura QUEST per frequenze di successo del 55% (pannello di sinistra) e 82% (pannello di destra). Le barre di errore indicano l'errore standard della media. 48
- 3.6 Traiettorie di apprendimento per il compito di discriminazione del contrasto. Le soglie di discriminazione del contrasto (ΔC) sono state plottate in funzione del (log) dei giorni di training, per contrasti di riferimento (r.m.s.) di 1.32 (pallini pieni) e 0.89 (pallini vuoti). Le barre di errore indicano l'errore standard della media. 50
- 3.7 Apprendimento nella discriminazione dei volti in funzione dell'apprendimento del contrasto. L'apprendimento nella discriminazione dei volti è stato misurato, per ogni partecipante, come il rapporto tra le soglie misurate al post-test e le soglie misurate al pre-test. L'apprendimento del contrasto è stato quantificato, per ogni partecipante, come la pendenza della relazione lineare tra le soglie di discriminazione del contrasto (ΔC) e il logaritmo del Giorno. Punti grigi: gruppo Emozioni; punti neri: gruppo Identità. Pannello di sinistra: giudizi di discriminazione per variazioni lungo i continui delle espressioni facciali; pannello di destra: giudizi di discriminazione per variazioni lungo i continui dell'identità facciale. 52

- 4.1 Esempi della costruzione dei continua fechneriani dell'identità e delle espressioni facciali a bassa intensità. Pannello di sinistra: costruzione del continuum IN (Pre-test 1). Un morphing a 100 passi è stato creato tra l'immagine A e l'immagine B. L'immagine che produceva l'82% di discriminazioni corrette in un compito di discriminazione tra volti che appartenevano a questo continuum veniva utilizzata come estremo per la formazione di un nuovo continuum di morphing. Questa procedura è stata ripetuta fino ad ottenere quattro soglie di discriminazione percettiva (AB, ABC, ABCD, ABCDE). Il continuum fechneriano IN veniva generato creando morphing a 20 passi tra ognuna delle soglie individuate (A/AB, AB/ABC, ABC/ABCD, ABCD/ABCDE). Pannello di destra: costruzione del continuum EB (Pre-test 1). Un morphing a 100 passi è stato creato tra l'immagine N e l'immagine F+ e tra l'immagine N e l'immagine R+. Le immagini che producevano l'82% di discriminazioni corrette in un compito di discriminazione tra volti che appartenevano a questi continui venivano utilizzate come estremi per la formazione di due nuovi continui di morphing. Questa procedura è stata ripetuta fino ad ottenere quattro soglie di discriminazione percettiva (NF+, NF++, NR+, NR++). Il continuum fechneriano EB veniva generato creando morphing a 20 passi tra ognuna delle soglie individuate (NF++/NF+, NF+/N, N/NR+, NR+/NR++). 64
- 4.2 Esempio della costruzione del continuum fechneriano della rabbia ad alta intensità (RA; Pre-test 2). Un morphing a 100 passi è stato creato tra l'immagine R++++ e l'immagine N. L'immagine che produceva l'82% di discriminazioni corrette in un compito di discriminazione tra volti che appartenevano a questo continuum veniva utilizzata come estremo per la formazione di un nuovo continuum di morphing. Questa procedura è stata ripetuta fino ad ottenere quattro soglie di discriminazione percettiva (R++++, R+++ , R++ , R+ , R). Il continuum fechneriano RA veniva generato creando morphing a 20 passi tra ognuna delle soglie individuate ((R++++/R++++, R++++/R+++ , R+++ /R++ , R++ /R+ , R+ /R). 65

- 4.3 Continua di morphing fechneriani. **a.** Continuum IN. Il continuum è stato generato creando continua di morphing a 20 passi tra le immagini di volti corrispondenti alle soglie di discriminazione percettiva individuate nel Pre-test 1 nel compito di discriminazione dell'identità (A, AB, ABC, ABCD, ABCDE). La distanza di 20 frames corrisponde ad una JND. **b.** Continuum EB. Il continuum è stato generato creando continua di morphing a 20 passi tra le immagini di volti corrispondenti alle soglie individuate nel Pre-test 1 nel compito di discriminazione dell'espressioni emotiva a bassa intensità emotiva (NF++, NF+, N, NR+, NR++). **c.** Continuum RA. Il continuum è stato generato creando continua di morphing a 20 passi tra le immagini di volti corrispondenti alle soglie individuate nel Pre-test 2 nel compito di discriminazione dell'espressione di rabbia ad alta intensità emotiva (R++++, R+++, R++, R+, R). 68
- 4.4 Procedura. Pannello di sinistra: Pre-test. I partecipanti indicavano quale di due volti fosse più simile ad un volto di confronto (immagine 100 del continuum) che veniva mostrato all'inizio di ogni trial. Pannello di destra: Esperimento di memoria (metodo dell'aggiustamento). La figura mostra la condizione set size 4. Ai partecipanti venivano mostrati quattro volti estratti a caso da uno dei continua di morphing fechneriani. Successivamente, veniva indicato loro quale tra i quattro volti dovevano ricordare. I partecipanti potevano selezionare il volto che si ricordavano scorrendo le immagini lungo il continuum fechneriano. Nella condizione set size 1 (non mostrata nella figura) ai soggetti veniva presentato solo un volto da memorizzare. 70
- 4.5 Media della deviazione standard dell'errore (numero del frame corrispondente all'immagine selezionata - numero del frame corrispondente all'immagine originale proveniente dal continuum fechneriano) in funzione del continuum di morphing fechneriano e del set size. Le barre nere indicano le prestazioni per set size di 1 volto, le barre grigie indicano le prestazioni per set size di 4 volti. Il pannello di sinistra indica i risultati per i volti in orientamento canonico, il pannello di destra indica i risultati per i volti in orientamento invertito. 72

Elenco delle tabelle

2.1	Proporzione media di hits e falsi allarmi per ogni livello di discriminazione, gruppo etnico e orientamento.	29
3.1	Media dei rapporti delle soglie in funzione del gruppo (training con variazioni irrilevanti lungo la dimensione delle espressioni emotive e lungo la dimensione dell'identità facciale) e del continuum di morphing	49
3.2	Soglie di discriminazione del contrasto in funzione del giorno di training. Le ultime due colonne della tabella mostrano le soglie di discriminazione del contrasto misurate quando le caratteristiche irrilevanti erano variazioni sotto-soglia (55% di risposte corrette) e a soglia (82% di risposte corrette) lungo il continuum di morphing. Gli errori standard della media sono riportati tra parentesi.	49

Ringraziamenti

Vorrei ringraziare tutti coloro che in questi tre anni mi hanno aiutato e supportato durante questo percorso.

Un ringraziamento speciale va al mio tutor, prof. Corrado Caudek, per la grande disponibilità e aiuto e per avermi insegnato gran parte delle cose che ho imparato in questi anni.

Ringrazio tutti i miei amici, colleghi e parenti che si sono mostrati disponibili a partecipare alle mie ricerche. Mi hanno dato un aiuto fondamentale.

Un grazie particolare a Serena e Stefano.

Introduzione

Il volto umano è uno degli stimoli visivi più complessi e rilevanti a cui siamo esposti. Il volto ci dà informazioni sull'identità di una persona, sul genere, il sesso, il gruppo etnico, l'estrazione sociale, l'età; dalle espressioni facciali, capiamo gli stati d'animo e le intenzioni del nostro interlocutore. Studi diversi in letteratura si sono occupati di indagare come vengono elaborati dai nostri processi cognitivi questi diversi tipi di informazione e alcuni hanno individuato meccanismi separati che si occupano dell'analisi di queste diverse caratteristiche (Bruce & Young, 1986; Haxby, Hoffman, & Gobbini, 2000). Il volto è inoltre lo stimolo visivo a cui siamo maggiormente esposti sin dalla nascita: i neonati di pochi minuti di vita mostrano una preferenza a orientarsi verso stimoli tipo faccia rispetto a uno stimolo di controllo e a due-quattro giorni dalla nascita dimostrano di riconoscere già il volto materno (Bushnell, Sai, & Mullin, 1989; Pascalis, de Schonen, Morton, Deruelle, & Fabre-Grenet, 1995). Questa grande esperienza visiva può influenzare il modo in cui discriminiamo e memorizziamo questi stimoli. L'essere umano è infatti considerato un "esperto" di facce (Carey, 1992) perchè siamo in grado di riconoscere senza sforzo e in maniera accurata un individuo anche in condizioni di illuminazione, posizione e distanza diverse; il numero di volti che un individuo può memorizzare è potenzialmente infinito. Non è sorprendente, quindi, che i nostri processi cognitivi abbiano caratteristiche specifiche in riferimento all'elaborazione dei volti.

In questa tesi ho indagato tre diverse linee di ricerca che si sono occupate dello studio dei processi di discriminazione visiva e di memoria per diversi attributi del volto (identità ed espressioni facciali). Con il termine *discriminazione* dei volti, intendo l'abilità a discriminare volti appartenenti a individui diversi con poco o nessun coinvolgimento della memoria, e intendo anche tutti quegli aspetti della codifica percettiva che potrebbero influenzare questa abilità (Dennett, McKone, Edwards & Susilo, 2012; Wang, Li, Fang, Tian & Liu, 2012). Molti studi rilevano, ad esempio, che i volti sono elaborati in maniera "olistica" (il volto viene elaborato come un insieme e le sue parti non sono esplicitamente rappresentate; Tanaka & Farah, 1993) e che questo tipo di elaborazione determina alcuni effetti comportamentali specifici (vedi l'effetto di "inversione dei volti"; Yin, 1969). Con il termine *memoria* dei volti, intendo, invece, l'abilità a individuare e mantenere volti nella

memoria a breve e lungo termine. Questa abilità è legata alla discriminazione dei volti, ma in più richiede: il mantenimento dei volti in memoria; il confronto tra il volto che viene percepito in quel momento e i volti che sono stati precedentemente immagazzinati; e, nei compiti di memoria classici (ad esempio un compito old/new), la consapevolezza cosciente dei volti che si sono precedentemente appresi.

Nelle ricerche che ho svolto in questi anni ho indagato quali fattori possono modulare questi diversi processi cognitivi.

Un primo fattore che influenza i processi di discriminazione dei volti riguarda la nostra tendenza a percepire gli stimoli in modo categoriale. Secondo questo fenomeno, definito “percezione categoriale” (Harnad, 1987), siamo più abili a discriminare stimoli diversi fisicamente quando essi provengono da categorie percettive diverse, rispetto a quando appartengono alla stessa categoria percettiva. Gli effetti categoriali possono migliorare la discriminazione tra stimoli appartenenti a categorie percettive diverse (“distintività acquisita”), ma anche peggiorare la discriminazione per quelle variazioni dello stimolo che sono irrilevanti per il processi di categorizzazione (“equivalenza acquisita”) (Goldstone, 1998; Caudek, 2013). Nel primo e nel secondo capitolo descriverò due studi in cui mostrerò come processi di equivalenza acquisita possono influenzare alcuni dei classici effetti comportamentali che si trovano nella letteratura sul riconoscimento dei volti. In particolare, nel primo capitolo mostrerò come effetti di categorizzazione sui processi della memoria visiva a breve termine possono influenzare l’effetto di “inversione dei volti” (FIE, Yin, 1969) mentre, nel secondo capitolo, descriverò l’influenza della categorizzazione sull’effetto “other-race”(ORE, Malpass, & Kravitz, 1969).

Un’altra caratteristica importante dei volti è che possono veicolare informazioni di tipo emotivo. La percezione dell’espressione emotiva di un volto ci dà immediatamente informazioni riguardo lo stato d’animo dell’interlocutore nei nostri confronti e ci consente di pianificare una risposta comportamentale adatta. E’ noto che stimoli che hanno una valenza emotiva esercitano una particolare influenza sul nostro sistema (Dolan, 2002). Noi ci ricordiamo meglio eventi che hanno un un particolare significato emotivo e anche la nostra attenzione è catturata maggiormente da stimoli emotivi. Le emozioni possono influenzare anche i processi di apprendimento: la presenza di un arousal emotivo può migliorare la velocità di apprendimento in compiti di discriminazione percettiva (Gorlick, & Maddox, 2013). Capire quali fattori possono influenzare l’apprendimento nella discriminazione di uno stimolo è importante per comprendere i meccanismi alla base dell’interazione tra il mondo esterno e i nostri processi cognitivi. Nel terzo capitolo discuterò i risultati di uno studio che ha indagato fenomeni di apprendimento percettivo implicito per i volti. In particolare, ho valutato se la presenza di informazione emotiva potesse aumentare la velocità di apprendimento nella discriminazione dei volti.

La maggior parte delle ricerche sulla memoria visiva a breve termine si sono concentrate nel descrivere i limiti di questo sistema (Baddeley, 1986; Baddeley & Scott, 1971; Luck & Vogel, 1997). Negli ultimi anni, tuttavia, un'attenzione maggiore si è rivolta verso la comprensione del contenuto delle rappresentazioni della memoria di lavoro e dell'interazione tra questo sistema e la memoria a lungo termine (Brady, Konkle, & Alvarez, 2011). Una teoria recente propone che variazioni nelle prestazioni della memoria di lavoro riflettano la precisione con cui gli stimoli sono ricordati (Bays & Husain, 2008). Nuove metodologie sono state utilizzate per ottenere una misura diretta della fedeltà della rappresentazione di uno stimolo (Zhang & Luck, 2008). Vista l'importanza delle emozioni per i nostri processi cognitivi, mi sono chiesta se la rappresentazione in memoria di stimoli con una forte valenza emotiva (nello specifico, volti con espressione facciale emotiva) fosse più accurata rispetto alla rappresentazione di stimoli neutri (volti con espressione facciale neutra). Nel quarto capitolo, descriverò una ricerca sperimentale che ha indagato se la fedeltà delle rappresentazioni in memoria fosse modulata dalla valenza emotiva dei volti.

Capitolo 1

Giudicare l'identità e l'espressione di un volto: L'effetto di inversione dei volti nella memoria a breve termine

In questo capitolo descriverò i risultati di una ricerca sperimentale che ha evidenziato come processi di categorizzazione legati al riconoscimento dell'identità di un volto influenzano la nostra capacità di discriminare i volti. Mostrerò inoltre come questi effetti siano specifici per l'elaborazione dell'identità di un volto, infatti non troviamo effetti di categorizzazione nel riconoscimento delle espressioni facciali e per volti in orientamento invertito (una condizione in cui l'elaborazione dell'identità viene ostacolata). Questi dati consentono un'ulteriore comprensione dei meccanismi percettivi e di memoria che determinano l'effetto di inversione dei volti e che sono alla base dell'elaborazione di attributi facciali diversi.

I risultati di questa ricerca sono stati pubblicati negli abstracts del 12th meeting annuale della Vision Science Society (11-16 Maggio, 2012; Naples, Florida):

Caudek, C., & Lorenzino, M. (2012). Recognition memory is more accurate when faces are inverted than when they are upright. *Journal of Vision*, 12, 630.

1.1 Introduzione

La memoria e la percezione di uno stimolo possono essere influenzate da molti fattori. Molti studi mostrano come la presenza di una situazione emotiva, la quantità di informazione da ricordare e l'esperienza visiva che abbiamo con uno stimolo può influenzare la nostra capacità di discriminazione e il nostro ricordo (Dolan, 2002; Bukach, Gauthier, & Tarr, 2006; Brady e coll., 2011). Studi sul riconoscimento dei volti, ad esempio, hanno evidenziato come la maggior esperienza visiva che abbiamo con questa classe di stimoli rispetto alle altre, determina uno stile di elaborazione percettiva specifico per i volti (Gauthier, & Bukach, 2006) che influenza la nostra memoria per questi stimoli (Curby & Gauthier, 2007).

I nostri processi cognitivi, inoltre, sono fortemente influenzati da meccanismi di categorizzazione. In letteratura esiste un fenomeno, definito “percezione categoriale” (vedi Harnad, 1987), secondo il quale siamo più abili a discriminare stimoli diversi fisicamente quando essi provengono da categorie percettive diverse, rispetto a quando appartengono alla stessa categoria percettiva. Questo effetto è stato originariamente documentato per categorie di fonemi (Liberman, Harris, Eimas, Lisker, & Bastian, 1957). E' stato evidenziato che gli osservatori distinguevano più facilmente tra i suoni di diverse sillabe quando esse appartenevano a due categorie diverse di fonemi rispetto a quando erano varianti dello stesso fonema, nonostante le differenze fisiche tra i suoni venissero eguagliate. Secondo alcuni autori, quando impariamo a categorizzare uno stimolo, aumentiamo l'attenzione verso le dimensioni e caratteristiche dello stimolo che sono rilevanti per il processo di categorizzazione (“distintività acquisita”) e/o diminuiamo l'attenzione verso le dimensioni dello stimolo che sono irrilevanti per la categorizzazione (“equivalenza acquisita”) (Nosofosky, 1986; Goldstone, 1998). Questi processi potrebbero determinare un miglioramento nella discriminazione di caratteristiche dello stimolo diagnostiche della sua appartenenza ad una certa categoria, e un peggioramento nell'elaborazione di caratteristiche dello stimolo che non sono indicative della sua categoria di appartenenza.

La percezione categoriale è stata molto indagata negli studi sul riconoscimento dei volti, e ci sono prove di fenomeni categoriali per dimensioni diverse del volto (es. identità, Beale, & Keil, 1995; espressioni facciali, Calder, Young, Perrett, & Etcoff, 1996a; genere, Bülthoff & Newell, 2004). Studi sul riconoscimento dell'identità facciale, ad esempio, hanno mostrato che, se si creano variazioni lungo un continuum artificiale tra due volti che hanno identità diversa, i soggetti percepiscono lungo questo continuum un confine di categoria, per cui volti che si trovano a cavallo di questo confine vengono discriminati più facilmente rispetto a volti che si trovano all'interno di una stessa categoria (Beale, & Keil, 1995).

Recentemente, alcuni autori hanno proposto che fenomeni di equivalenza acquisita e di distintività acquisita possono influenzare la rappresentazione di alcuni attributi facciali nella memoria visiva a breve termine. Caudek (2013), ad esempio, ha proposto che caratteristiche facciali che non sono diagnostiche dell'identità di una persona sono rappresentate poco accuratamente in memoria. L'estrazione dell'informazione facciale utile per riconoscere l'identità di una persona richiede la selezione delle proprietà invarianti del volto che devono essere tenute separate dalle trasformazioni transienti del volto (come ad esempio cambiamenti di luce, posa, cambiamenti delle espressioni facciali) (Haxby e coll., 2000). Caudek (2013) ha suggerito che le trasformazioni transienti di un volto che non compromettono il riconoscimento dell'identità di una persona e che quindi sono irrilevanti per un'identificazione a livello individuale, vengono rappresentate con minor fedeltà in memoria.

In accordo a questa ipotesi, processi di equivalenza acquisita potrebbero quindi ostacolare la discriminazione dei volti. Lo scopo di questo studio è stato quello di esaminare l'influenza di meccanismi categoriali nella discriminazione di differenze tra i volti che riguardano diversi attributi facciali, in particolare l'identità e le espressioni emotive.

1.1.1 L'elaborazione dell'identità e delle espressioni facciali

Molti studi hanno mostrato come l'estrazione dell'informazione legata all'identità di un volto e alle espressioni facciali sia mediata da moduli separati e indipendenti all'interno del nostro sistema (Bruce & Young, 1986; Haxby e coll., 2000). Evidenze di una segregazione funzionale tra sistemi neurali che elaborano questi due diversi attributi facciali sono state individuate in studi di registrazione in singola cellula in primati non umani (Gothard, Battaglia, Erickson, Spitler, & Amaral, 2007), studi di neuroimaging in soggetti umani (Cohen Kadosh, Henson, Cohen Kadosh, Johnson, & Dick, 2010) e di potenziali evocati (Caharel, Courtay, Bernard, Lalonde, & Rebai, 2005) e ancora in studi di pazienti con danni cerebrali (Fox, Hanif, Iaria, Duchaine, & Barton, 2011). Sorprendentemente pochi studi comportamentali hanno indagato i processi di memoria a breve termine per questi attributi facciali (Bankó, Gál, & Vidnyánszky, 2009).

La memoria visiva a breve termine (MVBT) mantiene per un breve periodo di tempo l'informazione visiva di oggetti che non sono presenti fisicamente per guidare il nostro successivo comportamento. Il riconoscimento dell'identità di un volto e l'identificazione delle espressioni facciali pongono diverse richieste computazionali al nostro sistema. Da un lato, la nostra memoria dovrebbe essere resistente e tollerante a certe trasformazioni del volto che non alterano l'identità di una persona, come ad esempio cambiamenti

nell'illuminazione, nella posizione, nelle espressioni facciali, anche se a volte queste trasformazioni corrispondono a cambiamenti sostanziali dell'immagine (Burton, Jenkins, & Schweinberger, 2011; Sandford & Burton, 2014). Si potrebbe ipotizzare, quindi, che trasformazioni facciali che non sono diagnostiche dell'identità di un volto vengano "ignorate" dalla nostra memoria. Dall'altro lato, la memoria per le espressioni facciali dovrebbe essere, invece, più sensibile alle trasformazioni mutevoli dei volti, ad esempio a quelle variazioni della faccia che permettono di distinguere un'espressione da un'altra. Alcuni studi, infatti, mostrano come espressioni facciali diverse vengano riconosciute anche in seguito a piccole deformazioni del volto (Neth & Martinez, 2009).

Ci sono evidenze di come alcuni aspetti dell'elaborazione delle espressioni facciali non siano legati a meccanismi categoriali. Alcuni autori hanno rilevato che in certe aree del nostro cervello esistono rappresentazioni neurali continue dell'espressioni facciali, basate sui cambiamenti fisici dell'espressione, piuttosto che rappresentazioni delle espressioni come categorie emotive ben distinte (Rotshtein, Henson, Treves, Driver, & Dolan, 2005; Harris, Young, & Andrews, 2012). Una rappresentazione delle variazioni fisiche delle espressioni emotive potrebbe essere rilevante in diverse situazioni. Sebbene le espressioni emotive principali che tutti sono in grado di riconoscere si possono racchiudere in poche categorie (es. felicità, tristezza, rabbia, paura), ci sono alcune espressioni facciali che possono non corrispondere a nessuna di queste categorie in particolare. E anche tra queste espressioni principali, possono esistere variazioni che segnalano sottili, ma importanti differenze (Rozin, Lowery, & Ebert, 1994). Di conseguenza, un meccanismo che non favorisce l'elaborazione di piccole trasformazioni dell'espressione di un volto potrebbe ostacolare, piuttosto che facilitare la nostra capacità di rispondere all'ambiente.

L'ipotesi di questo studio è che il nostro sistema riesca a distinguere più facilmente piccole variazioni del volto (a livello di soglia percettiva) se esse riguardano cambiamenti lungo la dimensione dell'espressione emotiva, piuttosto che se riguardano cambiamenti lungo la dimensione dell'identità. L'idea è che, affinché si verifichi un adeguato riconoscimento di un'identità individuale e quindi una corretta categorizzazione dell'identità di un volto, minimi cambiamenti della faccia che non alterano il riconoscimento dell'identità del volto sono rappresentati con meno fedeltà in memoria. Questo processo dovrebbe, invece, essere meno forte nel caso del riconoscimento delle espressioni.

1.1.2 Disegno sperimentale

Per esaminare questa ipotesi ho valutato l'abilità dei soggetti nel discriminare sottili differenze tra immagini di volti che variavano lungo la dimensione dell'identità facciale (Esperimento 1) o lungo la dimensione delle espressioni emotive (Esperimento 2). Una

condizione in cui venivano presentati volti in posizione invertita è stata utilizzata come condizione di controllo nei due Esperimenti. E' noto che quando un volto viene invertito, l'elaborazione configurale viene distrutta e questo compromette il riconoscimento dell'identità (Yin, 1969) e, in misura minore, delle espressioni emotive di un volto (McKelvie, 1995). Ho scelto i volti invertiti come condizione di controllo proprio perché l'inversione dovrebbe ostacolare l'elaborazione delle caratteristiche dei volti e quindi, per questi stimoli, non dovremmo trovare effetti di categorizzazione. Tuttavia, per poter confrontare le prestazioni nella discriminazione in memoria di volti in orientamento invertito e volti in orientamento canonico era necessario che gli stimoli nelle due condizioni fossero ugualmente discriminabili a livello percettivo. Ho svolto, quindi, una fase di pre-test che aveva lo scopo di ottenere coppie di volti invertiti e canonici con uguale livello di discriminabilità percettiva.

Ogni esperimento comprendeva una fase di pre-test e una fase sperimentale. (1) Nella fase di pre-test, venivano misurate soglie di discriminazione percettiva per variazioni tra immagini di volti prodotte con la tecnica del morphing. Le soglie erano espresse come la distanza lungo il continuum del morphing tra due immagini necessaria per raggiungere un certo criterio di successo. I soggetti venivano divisi in due gruppi: un gruppo svolgeva un compito di discriminazione tra volti che variavano lungo la dimensione dell'identità, presentati in orientamento canonico (Figura 1.1a) e un compito di discriminazione tra volti che variavano lungo la dimensione dell'identità, presentati in orientamento invertito (Figura 1.1b) (Pre-test 1). L'altro gruppo svolgeva un compito di discriminazione tra volti che variavano lungo la dimensione delle espressioni emotive, presentati in orientamento invertito (Figura 1.1c) e per volti presentati in orientamento canonico ((Figura 1.1c) (Pre-test 2). (2) Nella fase sperimentale, i volti corrispondenti alle soglie di discriminazione percettiva misurate nel pre-test venivano utilizzate in un compito di matching ritardato (Figura 1.3c-d) (Esperimento 1-2).

1.1.3 Predizioni

1.1.3.1 Identità facciale

Nell'Esperimento 1, i volti in orientamento canonico e invertito provenivano da continua di morphing creati tra coppie di volti con diversa identità e con uguale espressione neutra (Figura 1.1a-b). I partecipanti dovevano individuare se due volti presentati consecutivamente erano uguali o diversi. I volti differivano per differenze sotto il livello di soglia percettiva o appena sopra la soglia percettiva. In accordo con l'ipotesi di ricerca, dovremo essere poco accurati nell'individuare piccole trasformazioni del volto che non alterano il riconoscimento dell'identità di una persona. Mi aspetto quindi di individuare

prestazioni inferiori nel compito di matching ritardato per volti in posizione canonica rispetto a volti in posizione invertita. Infatti per questi ultimi, l'inversione distrugge i meccanismi che si occupano del riconoscimento dell'identità dei volti (Maurer, Le Grand, & Mondloch, 2002; Peissig, & Tarr, 2007). Non mi aspetto, quindi, la presenza di un meccanismo di equivalenza acquisita per i volti invertiti, perché questo meccanismo, secondo l'ipotesi dello studio, dovrebbe riguardare solo il riconoscimento dell'identità di un volto. Per questi stimoli, ci dovremmo aspettare, quindi, un ribaltamento dell'effetto di inversione dei volti.

1.1.3.2 Espressioni emotive

Nell'Esperimento 2, i volti in orientamento canonico e invertito provenivano da continua di morphing creati tra coppie di volti che avevano la stessa identità, ma diversa espressione emotiva (Figura 1.1c-d). Ai partecipanti veniva chiesto di giudicare se due volti presentati consecutivamente avevano la stessa espressione. Mi aspetto che quando dobbiamo giudicare differenze di espressione emotiva fra due volti, meccanismi di categorizzazione non influenzano l'accuratezza nella discriminazione di questi stimoli. In questa condizione, ci dovremmo aspettare il classico effetto di inversione, per cui la discriminazione risulta inferiore per volti invertiti rispetto a volti presentati in posizione canonica.

1.2 Pre-tests

1.2.1 Metodo

1.2.1.1 Partecipanti

Dieci soggetti (8 femmine; 23-29 anni) hanno partecipato volontariamente al Pre-test 1 e altri nove soggetti (6 femmine; età 25-30 anni) hanno partecipato volontariamente al Pre-test 2. Avevano vista normale o con lenti correttive e non conoscevano lo scopo dello studio. Nessuno di loro è mai stato precedentemente esposto agli stimoli utilizzati in questo esperimento. L'esperimento è stato svolto con la comprensione e il consenso informato di ogni partecipante. L'esperimento era conforme alle linee guida istituzionali e nazionali per esperimenti con soggetti umani ed è stato condotto in accordo con la Dichiarazione di Helsinki.

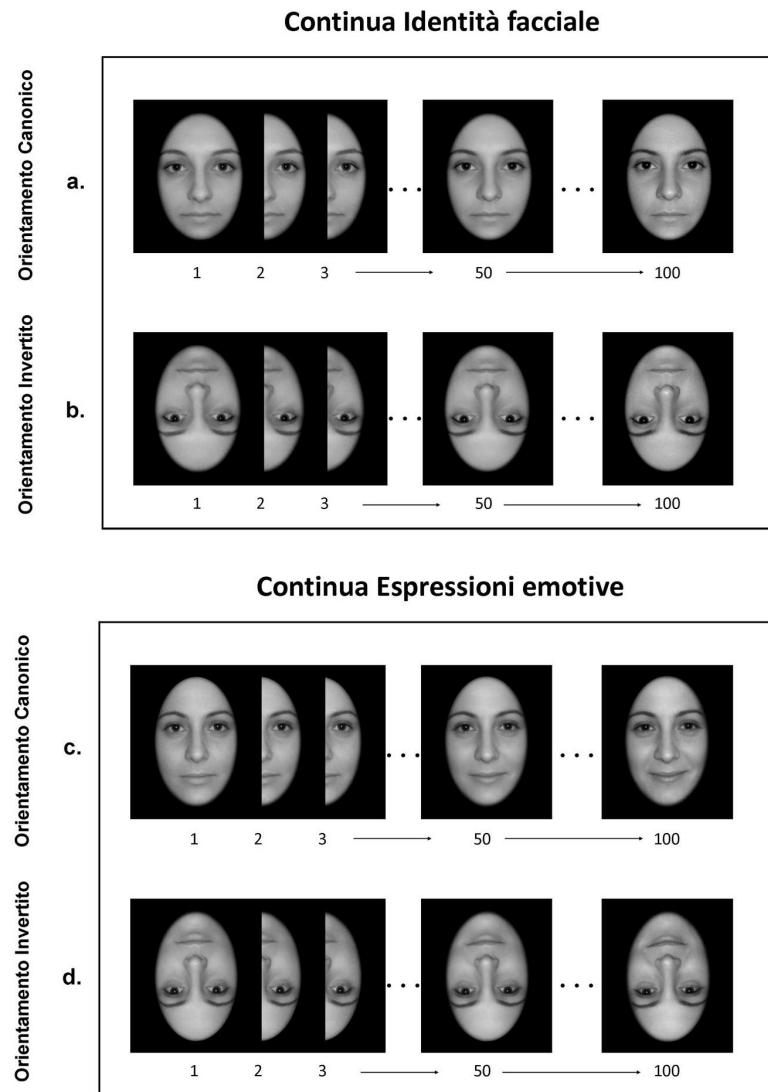


FIGURA 1.1: Esempi degli stimoli utilizzati. **a-b.** Continua di morphing dell'identità facciale. **a.** Continuum di morphing tra due volti in orientamento canonico che hanno identità diversa ed espressione neutra; **b.** Continuum di morphing tra due volti in orientamento invertito. Gli estremi sono le stesse immagini del continuum dell'identità facciale in orientamento canonico, ma ruotate di 90° . **c-d.** Continua di morphing delle espressioni emotive. **c.** Continuum di morphing tra un volto in orientamento canonico con espressione neutra [frame 1] e lo stesso volto con espressione felice [frame 100]; **d.** Continuum di morphing tra volti in orientamento invertito, gli estremi sono le stesse immagini del continuum delle espressioni emotive in orientamento canonico, ma ruotate di 90° .

1.2.1.2 Apparato

La presentazione degli stimoli e l'acquisizione dei dati sono state condotte con l'utilizzo di un computer PC (Dell Precision PWS690, Intel Xeon X5355 at 2.66 Ghz, NVIDIA Quadro FX 4600) connesso ad un monitor video a 19 pollici (Philip Brillance 109P4) che opera a 75 Hz. La presentazione degli stimoli e la registrazione delle risposte è

stata effettuata grazie all'ausilio del programma MATLAB (MATLAB, MathWorks Inc., Natick, MA).

1.2.1.3 Stimoli

Gli stimoli-volto erano immagini statiche create da fotografie di 56 volti, inclusi 24 maschi e 32 femmine. Tutte le immagini sono state convertite in scala di grigi e un'apertura ovale è stata posta sopra ogni faccia. I volti erano allineati verticalmente secondo la posizione della pupilla e orizzontalmente secondo la punta del naso, al centro dell'immagine ovale e sono stati posizionati su uno sfondo nero. Per evitare discriminazioni basate su differenze superficiali, ho controllato che tutte le facce avessero lo stesso colore degli occhi (marrone scuro), la stessa posizione e orientamento (frontale e verticale), e che non c'erano ovvi segni sul volto come nei, capelli, etc. (Rostamirad, Barton & Oruç, 2009). Ogni immagine misurava 280×329 pixels. Tutte le immagini presentavano uguali valori di luminosità e di contrasto. Coppie formate da queste immagini sono state utilizzate per creare continua di morphing utilizzando il programma Abrosoft FantaMorph. La Figura 1.2 descrive il processo che ho eseguito per generare i volti usati come estremi di ogni continuum¹. I continua di morphing erano formati da 100 immagini tra due estremi, ai quali veniva assegnato il valore di 1 o 100. Il valore di ogni immagine indicava quindi la distanza di quell'immagine da un estremo del continuum. Due tipi di continua sono stati generati: un continuum in cui variava l'identità dei volti (dal volto A neutro al volto B neutro, Figura 1.1a-b) e un continuum in cui variava l'espressione emotiva di un volto (dal volto C neutro al volto C felice, oppure dal volto E neutro al volto F arrabbiato, Figura 1.1c-d). Tre continua di morphing sono stati creati tra sei diverse identità con espressione neutra (Pre-test 1) e quattro continua di morphing sono stati creati tra volti con la stessa identità, ma con espressione diversa (due continua da neutro a felice e due continua da neutro ad arrabbiato)(Pre-test 2).

1.2.1.4 Procedura

Nel Pre-test 1 e 2, due funzioni psicometriche (Wichmann & Hill, 2001) sono state generate per ogni partecipante e ogni continuum di morphing: Una funzione psicometrica è stata generata per volti mostrati in orientamento canonico (Figura 1.3a) e una per volti in orientamento invertito (Figura 1.3b). Nel Pre-test 1, i soggetti dovevano determinare

¹Ho utilizzato questa procedura perché alcuni studi hanno mostrato come utilizzare estremi molto distintivi può distorcere lo spazio lineare del continuum di morphing (Angeli, Davidoff, & Valentine, 2008). In un esperimento pilota ho rilevato che questo problema può essere ridotto generando a loro volta gli estremi del continuum con una procedura di morphing.

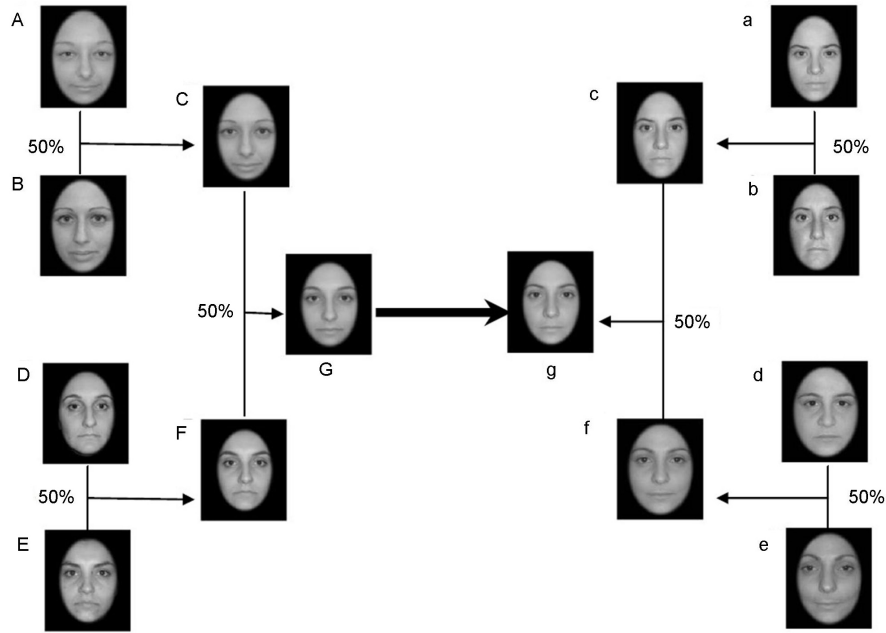


FIGURA 1.2: La figura mostra un esempio delle immagini utilizzate per la costruzione di un continuum dell'identità facciale (Esperimento 1). Il volto G è stato generato dalle immagini originali A, B, D, E; il volto g è stato generato dalle immagini a, b, d, e. Un continuum di morphing costituito da 100 immagini è stato poi generato tra l'immagine G e l'immagine g. La stessa procedura è stata utilizzata per generare i tre continui di morphing usati nell'Esperimento 1 e i quattro continui di morphing utilizzati nell'Esperimento 2.

se due volti presentati simultaneamente sullo schermo erano uguali o diversi. Nel Pre-test 2, i soggetti indicavano se i due volti avevano la stessa espressione emotiva oppure no. E' stato utilizzato il metodo degli stimoli costanti. Ogni prova iniziava con una schermata vuota, presentata per 2000 ms, seguita dalla presentazione di due volti, l'uno vicino all'altro, in posizione centrale, che rimanevano sullo schermo per 750 ms. Dopo la scomparsa delle immagini, i partecipanti esprimevano il loro giudizio. Nel Pre-test 1, ogni partecipante completava un totale di 900 prove (150 prove *times* 3 continui di morphing *times* 2 orientamenti), mentre nel Pre-test 2, ogni soggetto svolgeva 1120 prove (150 prove *times* 4 continui di morphing *times* 2 orientamenti).

1.2.2 Risultati

Nel Pre-test 1 (Identità), i Punti di Soggettiva Equità (PSEs) erano uguali a 32.37 e 40.52 steps lungo il continuum del morphing, per i volti canonici e invertiti, rispettivamente, $F_{1,28} = 4.30$, $p = .047$ (il PSE è il punto in cui lo stimolo di confronto è giudicato in media uguale allo stimolo standard). Nel Pre-test 2 (Espressioni), i PSEs erano uguali a 35.43 e 50.52 lungo il continuum del morphing, per volti canonici e invertiti, rispettivamente,

$F_{1,34} = 5.30$, $p = .027$. Le differenze dei PSEs per i volti invertiti e canonici sono una misura dell'effetto di inversione percettivo misurato dal compito di matching simultaneo.

1.2.3 Discussione

Il pre-test aveva lo scopo di ottenere immagini di volti in orientamento canonico e invertito che fossero ugualmente discriminabili a livello percettivo per utilizzarle nel compito di matching ritardato (Esperimenti 1-2). Ho rilevato che per ottenere uguali prestazioni di discriminazione, la distanza lungo il continuum del morphing tra due volti invertiti doveva essere maggiore rispetto alla distanza tra due volti in orientamento canonico, sia per i continua di identità facciale (Pre-test 1), sia per i continua di espressioni emotive (Pre-test 2). Questo conferma il ruolo di fattori percettivi nel determinare l'effetto di inversione dei volti (Rossion & Gauthier, 2002).

1.3 Esperimenti

1.3.1 Metodo

1.3.1.1 Partecipanti

I soggetti che hanno partecipato al Pre-test 1 hanno anche partecipato all'Esperimento 1 e i soggetti che hanno partecipato al Pre-test 2 hanno partecipato all'Esperimento 2.

1.3.1.2 Stimoli e procedura

Dalle funzioni psicometriche stimate per ogni partecipante ed ogni continuum di morphing, ho selezionato 4 “livelli di discriminazione percettiva” lungo i continua di morphing, per la condizione canonica e invertita, che corrispondevano alle immagini che producevano il .55, .65, .75 e .85 di risposte “diverso” nel Pre-test 1 e 2. Queste immagini sono state utilizzate come stimoli di confronto nei trials del compito di matching ritardato (Figura 1.3c-d); lo stimolo standard era l'immagine numero 10 del continuum. L'ordine di presentazione dello stimolo di confronto e dello stimolo standard veniva determinato casualmente in ogni trial. Ogni prova iniziava con un punto di fissazione presentato al centro dello schermo per 2000 ms, seguito da un volto presentato centralmente (500 ms). Dopo una schermata vuota (750 ms), un secondo volto veniva presentato (500 ms). La posizione del secondo volto variava casualmente intorno alla posizione centrale dello schermo per minimizzare effetti di adattamento. In metà dei trials, i due volti presentati

erano uguali. I partecipanti dovevano indicare se i due volti presentati consecutivamente erano uguali o diversi. L'Esperimento 1 includeva 8 blocchi da 240 trials ognuno. In ogni blocco venivano presentati in maniera casuale volti in orientamento canonico o invertito corrispondenti ai 4 livelli di discriminazione percettiva provenienti dai tre continua di morphing dell'identità facciale. L'Esperimento 2 includeva 12 blocchi da 160 trial ognuno. In ogni blocco venivano presentati in maniera casuale volti in orientamento canonico o invertito corrispondenti ai 4 livelli di discriminazione percettiva provenienti dai quattro continua di morphing delle espressioni facciali. I partecipanti svolgevano due sessioni sperimentali in due giorni diversi. Ogni sessione sperimentale comprendeva 4 blocchi per l'Esperimento 1 (circa un'ora) e sei blocchi per l'Esperimento 2 (circa un'ora e un quarto). Ogni partecipante completava un totale di 1920 trials.

1.3.2 Analisi dei dati

L'accuratezza di riconoscimento (d') nell'Esperimento 1 e 2 è stato calcolata attraverso un modello lineare generalizzato a effetti misti² con Orientamento (canonico, invertito), Livelli di discriminazione percettiva (.55; .65; .75; .85) e la loro interazione come effetti fissi. Come effetti random, ho inserito intercette casuali soggetto-specifiche e pendenze casuali soggetto-specifiche per l'effetto di Orientamento (Wright, Horry, & Skagerberg, 2009; Barr, Levy, Scheepers & Tily, 2013).

1.3.3 Risultati

1.3.3.1 Esperimento 1

d' risulta essere più alto per la condizione invertita rispetto alla condizione canonica, $\Delta d' = 0.18$, $z = 2.17$, $p = .0296$ (Figura 1.4, sinistra). Inoltre è risultata significativa l'interazione tra Orientamento e Livello di discriminazione percettiva, $\chi^2_9 = 102.79$, $p < .001$. La Figura 1.5 (sinistra) mostra le risposte corrette in funzione del livello di discriminazione percettiva per il gruppo che ha fatto il compito sulla discriminazione dell'identità facciale.

²Ho usato R (R Core Team, 2013), `lme4` (Bates, Maechler, Bolker & Walker, 2014), e `lmerTest` (Kuznetsova, Brockhoff & Christensen, 2014). I p -valore sono stati stimati con il test del rapporto di verosimiglianza del modello completo con l'effetto in questione contro il modello senza l'effetto in questione e utilizzando le approssimazioni dei gradi di libertà di Satterthwaite e Kenward-Roger (KR) (vedi anche Caudek, 2014; Caudek & Domini, 2013; Caudek & Monni, 2013).

1.3.3.2 Esperimento 2

d' risulta essere più alto per la condizione canonica rispetto alla condizione invertita, $\Delta d' = 0.23$, $z = -2.61$, $p = .0090$ (Figura 1.4, destra). L'interazione tra Orientamento e Livello di discriminazione percettiva è risultata statisticamente significativa, $\chi^2_9 = 751.36$, $p < .001$. La Figura 1.5 (destra) mostra le risposte corrette in funzione del livello di discriminazione percettiva per il gruppo che ha fatto il compito sulla discriminazione delle espressioni facciali.

1.3.4 Discussione

I risultati mostrano che la memoria per volti presentati in posizione invertita risulta superiore alla memoria per volti presentati in orientamento canonico quando il compito richiede di discriminare variazioni tra immagini di volti lungo il continuum dell'identità facciale. Inoltre, troviamo che questo effetto è maggiore quando le variazioni tra i volti sono appena sotto la soglia percettiva (55%) ed è minore per variazioni più grandi (75%). Questi risultati confermano l'ipotesi di partenza per cui la memoria risulta poco accurata quando dobbiamo riconoscere piccole differenze tra i volti che non sono diagnostiche dell'identità di una persona. Questo meccanismo categoriale specifico è infatti presente solo nel caso in cui il compito richieda di riconoscere variazioni nell'identità di un volto. Infatti quando i soggetti dovevano discriminare variazioni tra i volti lungo la dimensione dell'espressione emotiva, ho rilevato l'effetto classico di inversione, per cui variazioni tra volti in posizione canonica venivano riconosciute meglio rispetto a variazioni tra volti in posizione invertita. Questo risultato conferma diversi studi in letteratura che mostrano come l'inversione di un volto ostacoli anche l'elaborazione delle sue espressioni facciali (McKelvie, 1995; Sekuler, Gaspar, Gold, & Bennett, 2004).

1.4 Discussione generale

L'effetto di inversione dei volti è uno dei fenomeni più studiati nella letteratura sul riconoscimento dei volti: l'elaborazione di un volto peggiora quando esso viene presentato capovolto di 90° (Rossion, 2009). Questo effetto è stato trovato sia in compiti di percezione che in compiti di riconoscimento (Rossion, & Gauthier, 2002). Rispetto alla letteratura precedente, il presente studio mostra come l'effetto di inversione possa scomparire nella memoria visiva a breve termine quando il compito richiede giudizi che riguardano l'identità facciale, ma non quando il compito richiede giudizi sulle espressioni facciali.

Infatti ho rilevato che, se volti in posizione invertita e canonica sono resi ugualmente discriminabili a livello percettivo, l'effetto di inversione non è presente nella memoria visiva a breve termine quando gli stimoli variano lungo la dimensione dell'identità facciale, ma esso ricompare per variazioni lungo la dimensione delle espressioni emotive.

Asimmetrie nell'elaborazione dell'identità facciale e delle espressioni emotive sono state trovate, ad esempio, nel compito dell'interferenza di Garner (Schweinberger & Soukup, 1998) e con paradigmi di adattamento (Fox, Oruc & Barton, 2008). I risultati di questa ricerca mostrano che un'asimmetria tra queste due dimensioni nella memoria visiva a breve termine può influenzare fortemente l'effetto di inversione dei volti. I volti invertiti vengono utilizzati come condizione di "controllo" perché si è visto come l'inversione distrugga l'elaborazione configurale (Maurer et al., 2002; Peissig, & Tarr, 2007), e molta informazione riguardo l'identità del volto venga determinata dalle proprietà configurali (Bruce & Young, 2012). I risultati evidenziano che, rispetto a questa condizione di "controllo", le trasformazioni dell'immagine lungo la dimensione dell'identità (Esperimento 1) sono mantenute nella memoria a breve termine con minor fedeltà rispetto a trasformazioni lungo la dimensione delle espressioni emotive (Esperimento 2).

In accordo con Bruce (1994), l'osservatore si crea una rappresentazione del volto di una persona, selezionando l'informazione che è rilevante per il riconoscimento individuale, mentre ignora l'informazione transiente del volto che non è diagnostica dell'identità di quella persona (variazioni di luce, di posa, etc.). L'ipotesi che suggerisco è che il decadimento della rappresentazione di un volto nella memoria visiva a breve termine possa giocare un ruolo nel garantire questa "stabilità dalla variazione". Le caratteristiche transienti sono "filtrate" dalla memoria a breve termine, ma solo quando (1) il compito richiede l'elaborazione dell'identità del volto, e (2) i volti vengono mostrati in orientamento canonico. I miei dati mostrano, inoltre, che questo effetto è presente soprattutto per variazioni tra i volti che sono appena sopra la soglia percettiva (55% di livello di discriminazione percettiva), mentre è minore per variazioni che sono sopra la soglia percettiva (75% di livello di discriminazione percettiva). Questo potrebbe spiegare perché gli altri studi in letteratura non hanno trovato un effetto simile. Infatti, in questi studi, non è mai stata controllata la discriminabilità percettiva fra le immagini e si può ipotizzare che i volti da riconoscere si differenziassero per variazioni più alte della soglia percettiva. Questo dato conferma ulteriormente come questo meccanismo categoriale per l'identità facciale riguardi la discriminazione in memoria di variazioni molto piccole tra i volti.

In conclusione, questi risultati supportano l'ipotesi che la memoria visiva a breve termine non si occupi semplicemente dell'elaborazione passiva, bottom-up delle immagini retiniche dei volti e delle loro caratteristiche (Atkinson & Adolphs, 2011), ma piuttosto

sia in grado di estrarre diversi tipi di informazione dalle immagini retiniche per ottimizzare il riconoscimento dell'identità di un volto. Questo aspetto “costruttivo” della memoria a breve termine (Brady & Alvarez, 2011) può avere un forte effetto sull'effetto di inversione dei volti. Futuri studi sono necessari per stabilire se la diversa fedeltà della memoria a breve termine per l'identità e le espressioni facciali dipenda dalla selezione dell'informazione nella fase di codifica o dalla modulazione dei processi di mantenimento (Kuhbandner, Spitzer, & Pekrun, 2011).

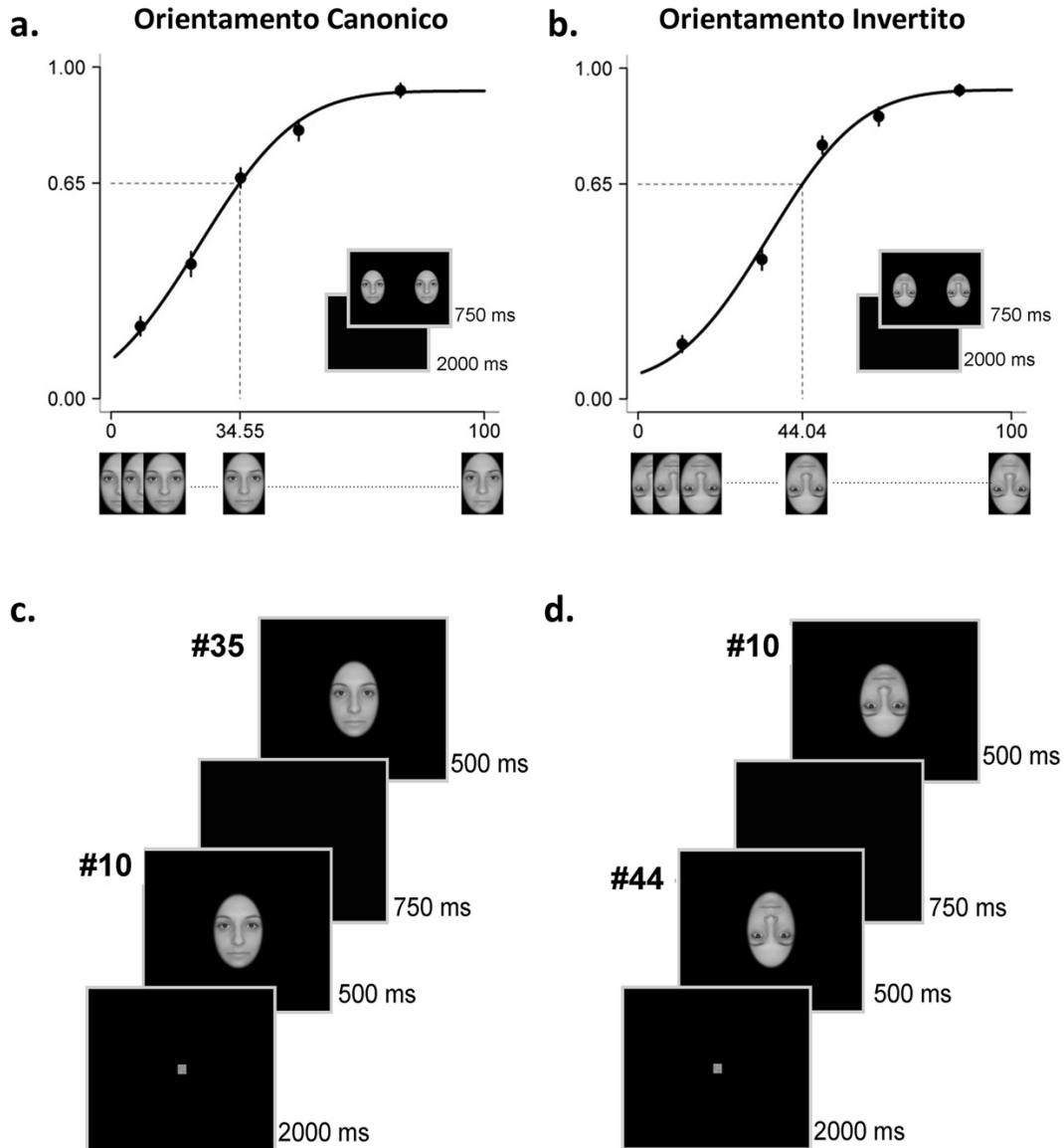


FIGURA 1.3: Rappresentazione schematica del disegno sperimentale dell'Esperimento 1. Pannelli **a-b**: due volti vengono presentati fianco a fianco e i partecipanti devono giudicare se sono uguali o diversi (compito di matching simultaneo). Il volto standard corrispondeva sempre all'immagine 10 del continuum del morphing, mentre il volto di confronto variava in ogni trial. Le funzioni psicometriche mostrate nei Pannelli **a** e **b** rappresentano la proporzione di risposte "diverso" in funzione del valore lungo il continuum del morphing dello stimolo di confronto. Esempi della procedura sono mostrati all'interno di ogni plot. Dalle funzioni psicometriche di ogni partecipante e di ogni continuum, abbiamo determinato i valori delle immagini lungo il continuum del morphing che producevano il 55%, 65%, 75%, e 85% di risposte "diverso". Per esempio, collassando i dati di tutti i partecipanti e di tutti i continua, la probabilità dello .65 corrisponde al valore di 34.55 e 44.04 lungo il continuum del morphing, per volti canonici (Pannello **a**) e volti invertiti (Pannello **b**), rispettivamente. 2. Pannelli **c-d**. Esempio di ogni trial per il compito di matching ritardato. In questo esempio, i valori lungo il continuum del morphing 10, 35 e 10,44 (che entrambe corrispondono, nel compito di matching simultaneo, alla probabilità di .65 di risposte "diverso") sono usati nel compito di matching ritardato per i volti in orientamento canonico (Pannello **c**) e in orientamento invertito (Pannello **d**), rispettivamente. La procedura descritta nella figura è stata applicata separatamente per ogni osservatore e ogni continuum.

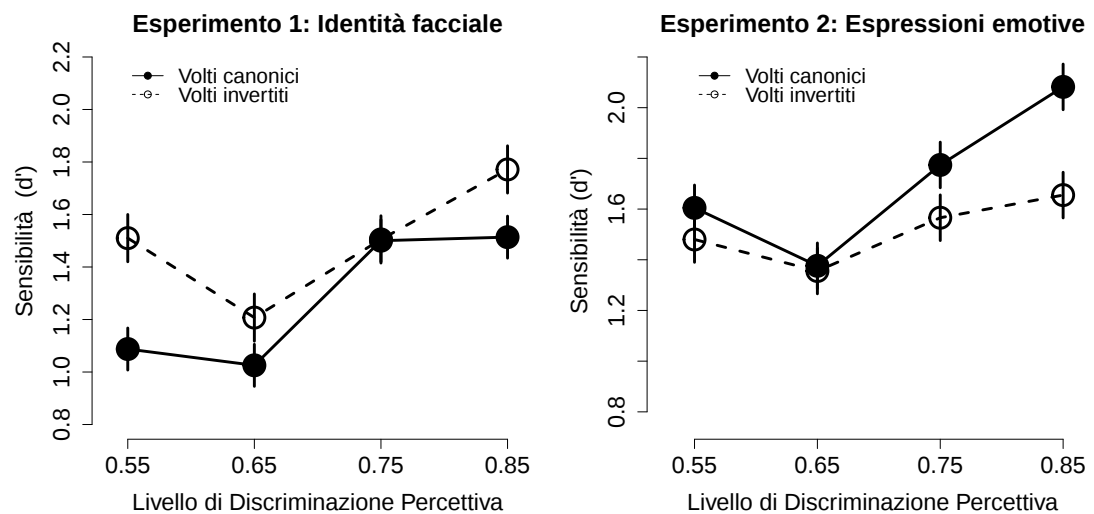


FIGURA 1.4: Sensibilità (d') nel compito di matching ritardato in funzione dei livelli di discriminazione percettiva delle immagini presentate durante il compito, per volti in orientamento canonico e invertito. Il pannello di sinistra mostra le prestazioni di riconoscimento per variazioni lungo il continuum dell'identità facciale (Esperimento 1); il pannello di destra mostra le prestazioni di riconoscimento per variazioni lungo il continuum delle espressioni emotive (Esperimento 2).

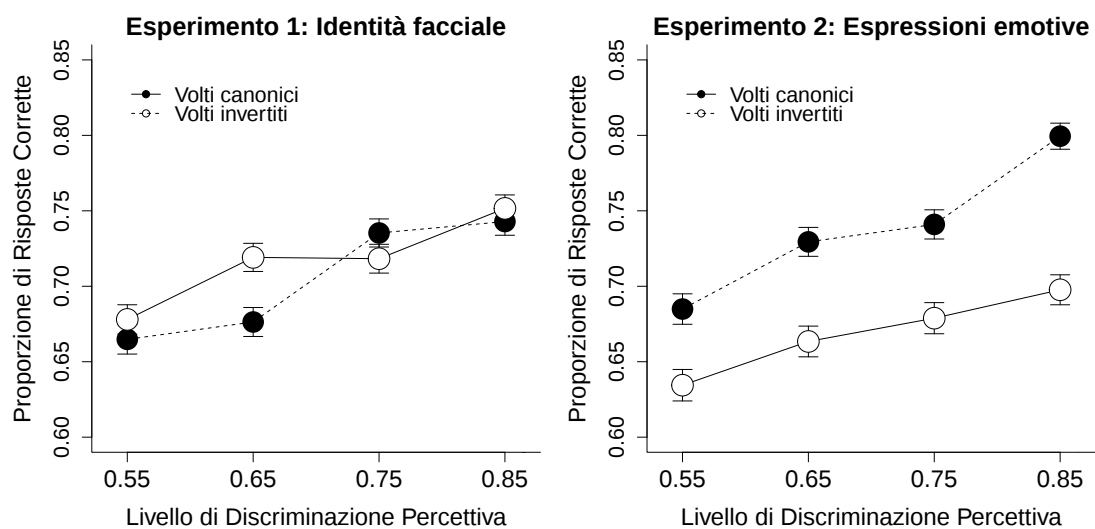


FIGURA 1.5: Media della proporzione di risposte corrette nel compito di matching ritardato, in funzione dei livelli di discriminazione percettiva delle immagini presentate, per volti in orientamento canonico e invertito. Il pannello di sinistra mostra le prestazioni di riconoscimento per variazioni lungo il continuum dell'identità facciale (Esperimento 1); il pannello di destra mostra le prestazioni di riconoscimento per variazioni lungo il continuum delle espressioni emotive (Esperimento 2).

Capitolo 2

Effetti di categorizzazione sulla memoria di volti “other-race”

La memoria per i volti è influenzata dal gruppo etnico di appartenenza della faccia. Teorie socio-cognitive suggeriscono che, quando osserviamo un volto appartenente al nostro gruppo etnico, abbiamo una tendenza a prestare attenzione maggiormente alle caratteristiche del volto diagnostiche della sua identità, mentre quando osserviamo un volto di un gruppo etnico diverso prestiamo attenzione alle caratteristiche facciali che sono indicative del suo gruppo di appartenenza. In questo capitolo descriverò i risultati di una ricerca sperimentale che ha evidenziato come questi diversi stili di elaborazione modulano la precisione nella discriminazione in memoria per volti appartenenti al nostro e ad un diverso gruppo etnico. In particolare, mostrerò che la discriminazione di differenze molto piccole dell'identità di un volto è ostacolata per volti “same-race” rispetto a volti “other-race”.

2.1 Introduzione

Noi siamo spesso descritti come “esperti di facce” nel senso che siamo in grado di riconoscere e identificare senza sforzo e accuratamente molti individui in condizioni diverse di posa, luminosità o distanza (Bahrick, Bahrick, & Wittlinger, 1975; Bruce & Young, 1986; Maurer, LeGrand, & Mondloch, 2002). Questa abilità nell’elaborazione dei volti, tuttavia, diminuisce se si tratta di riconoscere volti appartenenti ad un gruppo etnico diverso dal nostro. L’effetto “other-race” (ORE), ovvero l’effetto per cui volti appartenenza alla nostra razza (SR) vengono ricordati meglio rispetto a volti appartenenti ad un’altra razza (OR) è uno dei più forti e replicati effetti nella letteratura sull’elaborazione dei volti (vedi Anzures e coll., 2013; Hugenberg, Young, Bernstein, & Sacco, 2010). Questo effetto è stato trovato in una varietà di compiti comportamentali (compiti di riconoscimento e identificazione: Meissner & Brigham, 2001; Sporer, 2001; elaborazione olistica: Michel, Rossion, Han, Chung, & Caldara, 2006b; Tanaka, Kiefer, & Bukach, 2004; elaborazione analitica e configurale: Rhodes, Locke, Ewing & Evangelista, 2009; Rhodes, Hayward, & Winkler, 2006; categorizzazione del genere, dell’età e delle espressioni facciali: Dehon & Bredart, 2001; Elfenbein & Ambady, 2002; O’Toole, Peterson, & Deffenbacher, 1996), tra vari gruppi di età (Anastasi & Rhodes, 2005; Kelly e coll., 2009), e con vari approcci metodologici (de Haan, Pascalis, & Johnson, 2002; Scott, Shannon, & Nelson, 2006). Sebbene l’effetto “other-race” è stato replicato in diversi contesti e con metodi diversi, quale sia il meccanismo specifico responsabile di questo fenomeno è ancora dibattuto.

Questo studio esamina un aspetto specifico dell’ORE, l’accuratezza della discriminazione in memoria di volti SR e OR¹, che potrebbe aiutare a capire i processi coinvolti in questo effetto. Ci si potrebbe intuitivamente aspettare che la precisione in memoria sia superiore per volti SR rispetto a volti OR. Ma è davvero così?

In accordo con un’influente teoria dell’ORE, la migliore abilità nel riconoscere volti appartenenti alla nostra razza rispetto a volti appartenenti a razze diverse “è dovuta alla tendenza a prestare attenzione selettivamente alle caratteristiche di un volto che sono diagnostiche della sua identità” tra volti SR, mentre volti OR tendono ad essere processati secondo caratteristiche che sono diagnostiche dell’appartenenza di quel volto ad un dato gruppo etnico (ad esempio, il colore della pelle) (Levin, 2000; Hugenberg e coll., 2010, p. 1170). In altri termini, i volti SR potrebbero essere elaborati con un atto di “individuazione”, ovvero con un processo che permette la discriminazione tra esemplari all’interno dello stesso gruppo etnico, mentre i volti OR tendono ad essere processati con

¹Con il termine “accuratezza nella discriminazione” o “fedeltà della memoria”, in questo capitolo mi riferisco alla precisione con cui i partecipanti riescono a discriminare variazioni molto piccole fra i volti. Mi riferisco ad un processo di memoria visiva a breve termine, in quanto la discriminazione tra gli stimoli avviene in intervalli temporali diversi. Questo indica la presenza di una componente di memoria nell’esecuzione del compito.

un atto di “classificazione”, ovvero selezionando le caratteristiche che i volti condividono con gli altri esemplari della stessa razza. Sebbene la proposta di Hugenberg e coll. (2010) non fa esplicite predizioni riguardo gli effetti di questi due meccanismi di elaborazione sulla fedeltà della memoria, si può valutare la precisione con cui volti OR e SR sono rappresentati in memoria, considerando le caratteristiche del processo di individuazione.

Come già ho descritto nel primo capitolo, le caratteristiche facciali invarianti sono diagnostiche dell’identità di una persona, mentre le caratteristiche facciali transienti o mutevoli non lo sono. Se i volti SR sono elaborati con un atto di individuazione, ovvero selezionando le caratteristiche invarianti che sono diagnostiche dell’identità di una persona, allora questa selezione delle caratteristiche facciali potrebbe anche influenzare la rappresentazione in memoria di quel volto. In particolare, il processo di individuazione potrebbe aumentare la salienza in memoria delle caratteristiche che sono diagnostiche di un’identità individuale, mentre potrebbe diminuire la salienza in memoria delle caratteristiche facciali transienti.

Il presente studio esamina la precisione della memoria per facce SR e OR, considerando, in particolare, quelle trasformazioni facciali che non alterano l’identità del volto di una persona. Dato che il processo di individuazione descritto sopra dovrebbe agire in maniera più forte per volti SR che per volti OR, la mia ipotesi è che queste mutevoli trasformazioni facciali, che dovrebbero ostacolare il riconoscimento di un’identità individuale, sono rappresentate in memoria con meno precisione per volti SR rispetto a volti OR. In altre parole, ipotizzo che la maggiore abilità nel riconoscere l’identità in volti SR rispetto a volti OR si verifichi a spese di una peggiore precisione per le caratteristiche transienti del volto.

Lo studio presente si propone di verificare questa ipotesi esaminando la discriminazione in memoria per volti SR e volti OR nel caso di variazioni nell’aspetto facciale a livello di soglia percettiva. Dimostrare che le variazioni mutevoli del volto che non ne alterano l’identità sono rappresentate in memoria con minor precisione per volti SR rispetto a volti OR sarebbe un risultato importante perché confermerebbe l’importanza del processo di individuazione nell’ORE, e inoltre chiarirebbe nuovi aspetti dei meccanismi responsabili dell’esperienza di individuazione. Prima di descrivere in dettaglio il disegno sperimentale di questo studio, nella sezione seguente esaminerò brevemente le principali teorie sull’effetto “other-race” in relazione alla fedeltà della memoria.

2.1.1 Teorie sull’effetto “other-race”

Ci sono due principali spiegazioni sull’ORE. Secondo la prima, l’ORE dipende dalla maggiore esperienza visiva che abbiamo con i volti SR (Hancock & Rhodes, 2008; Michel e

coll. 2006b; Rhodes e coll., 2006; Mondloch e coll., 2010). Questa teoria è stata articolata in termini di processi percettivi e di memoria. L'ipotesi percettiva ipotizza che la diversa quantità di esperienza visiva tra volti SR e OR influenza le fasi precoci dell'elaborazione dei volti. Diverse evidenze hanno mostrato che i volti SR sono caratterizzati da un maggior grado di elaborazione olistica (l'integrazione delle componenti di un volto in una rappresentazione gestaltica che rende difficile analizzare le singole caratteristiche individualmente) rispetto a volti OR (Hancock & Rhodes, 2008; Michel, Caldara, & Rossion, 2006a; Mondloch e coll., 2010; Rhodes e coll., 2006; Tanaka, & Farah, 1993). Secondo l'ipotesi percettiva, un maggior livello di elaborazione olistica determina una codifica più efficiente e una migliore memoria di riconoscimento per volti SR rispetto a volti OR. Un'evidenza in favore di questa ipotesi è, ad esempio, l'esistenza di un più forte effetto di inversione (FIE; Yin, 1969) per volti SR rispetto a volti OR (Hancock & Rhodes, 2008; Michel e coll., 2006a; Rhodes e coll., 2006). L'effetto di inversione si riferisce ad un decremento maggiore nelle prestazioni di riconoscimento per stimoli-faccia rispetto a stimoli non-faccia quanto essi vengono presentati invertiti di 90°. Quando i volti sono invertiti, l'elaborazione configurale viene danneggiata, per cui il fatto che il FIE sia maggiore per stimoli-faccia suggerisce che essi vengano elaborati in maniera "più olistica" rispetto alle altre classi di oggetti. Un minore FIE per volti OR rispetto a volti SR indica che i volti OR presentati in posizione canonica vengono elaborati in maniera "meno olistica" rispetto a volti SR presentati in posizione canonica.

L'ipotesi di memoria ipotizza che un maggiore livello di esperienza visiva influenza il modo in cui i volti sono rappresentati in memoria. Il modello dello spazio multidimensionale dei volti (MFDS) di Valentine (1991), ad esempio, assume che i volti sono codificati in memoria in termini di punti o vettori in uno spazio percettivo multidimensionale, dove ogni caratteristica rappresenta una dimensione nella rappresentazione mentale dell'osservatore. Gli individui sono di solito maggiormente esposti a volti SR rispetto a volti OR. Di conseguenza, le dimensioni delle caratteristiche che costituiscono lo spazio dei volti sono scelte per garantire una corretta discriminazione tra volti SR rispetto a volti OR. Questo fa sì che i volti OR siano più densamente raggruppati nello spazio e questo rende difficile riuscire a discriminare tra volti OR diversi (Valentine, 1992; Byatt & Rhodes, 2004).

L'approccio socioculturale è la seconda spiegazione principale dell'ORE. Teorie cognitive sociali suggeriscono che i volti OR sono elaborati in maniera diversa rispetto a volti SR perché essi sono parte dell' "outgroup". La codifica, la motivazione, e le attitudini che caratterizzano l'elaborazione di volti OR determina un deficit nell'accuratezza di riconoscimento a causa di una mancanza di attenzione verso l'informazione del volto riguardante la sua identità individuale (vedi Allport, 1954; Cassidy, Boutsen, Humphreys

& Quinn, 2014; Levin, 2000; MacLin & Malpass, 2001; Meissner, Brigham, & Butz, 2005; Rodin, 1987; Sporer, 2001).

2.1.1.1 La precisione in memoria e le teorie sull'ORE

Che cosa predicono le spiegazioni dell'ORE riguardo alla fedeltà della memoria per volti SR e OR? Secondo l'ipotesi percettiva, esiste un'elaborazione percettiva superiore per volti SR rispetto a volti OR. Se la precisione in memoria dipende principalmente dalla codifica, allora ci potremmo aspettare una maggiore precisione in memoria per volti SR rispetto a volti OR. Al contrario, nessuna predizione può derivare dall'ipotesi percettiva se la precisione in memoria è determinata da processi di mantenimento e/o recupero. Secondo l'ipotesi di memoria, c'è una rappresentazione in memoria più ricca per volti SR rispetto a volti OR. Ci potremmo aspettare quindi una precisione in memoria maggiore per volti SR rispetto a volti OR. Le teorie socio-cognitive affermano che (1) per volti SR, le caratteristiche transienti sono rappresentate in memoria con meno precisione rispetto alle caratteristiche invarianti, e (2) i volti OR sono elaborati selezionando le caratteristiche che sono richieste per una classificazione outgroup. L'approccio socio-cognitivo predice un miglior riconoscimento dell'identità per volti SR in confronto a volti OR, ma non offre chiare predizioni riguardo differenze nella precisione della memoria per queste due classi di volti. In conclusione, sebbene alcune teorie dell'ORE offrono possibili ipotesi riguardanti la precisione in memoria per volti SR e OR, nessuna di esse prende esplicitamente in considerazione gli effetti che processi di individuazione potrebbero avere sulla rappresentazione in memoria di queste due classi di volti.

2.1.2 Disegno sperimentale

Per studiare i processi di memoria che intervengono nell'ORE, nel mio studio i fattori percettivi sono stati controllati selezionando coppie di volti SR e coppie di volti OR che producevano equivalenti livelli di prestazione in un compito di matching simultaneo, per ogni partecipante (vedi Capitolo 1, paragrafo 1.2). Nella prima fase dell'esperimento, i partecipanti dovevano svolgere un compito di matching simultaneo dove era chiesto loro di indicare se due volti, presentati uno di fianco all'altro, erano uguali o diversi. Le due immagini-faccia mostrate in ogni trial erano state selezionate da un continuum di morphing creato tra due identità diverse, ma appartenenti allo stesso gruppo etnico, o Caucasici o Cinesi (Figure 2.1). Soglie di discriminazione percettiva, espresse come la distanza lungo il continuum del morphing tra due immagini necessaria per raggiungere un 55% (variazioni tra le immagini sotto la soglia percettiva) o un 82% (variazioni tra le immagini a livello di soglia percettiva) di discriminazioni corrette, sono state misurate

per ogni partecipante, per i continua di morphing SR e OR. Nella seconda fase dell'esperimento, le coppie di immagini-faccia corrispondenti al 55% e 82% di discriminazioni corrette sono state utilizzate in un compito di matching ritardato. Ho utilizzato un intervallo tra la presentazione dei due volti (ISI) di 1000 ms per esaminare la precisione nella memoria a breve termine per volti SR e OR. Ho misurato anche l'effetto di inversione.

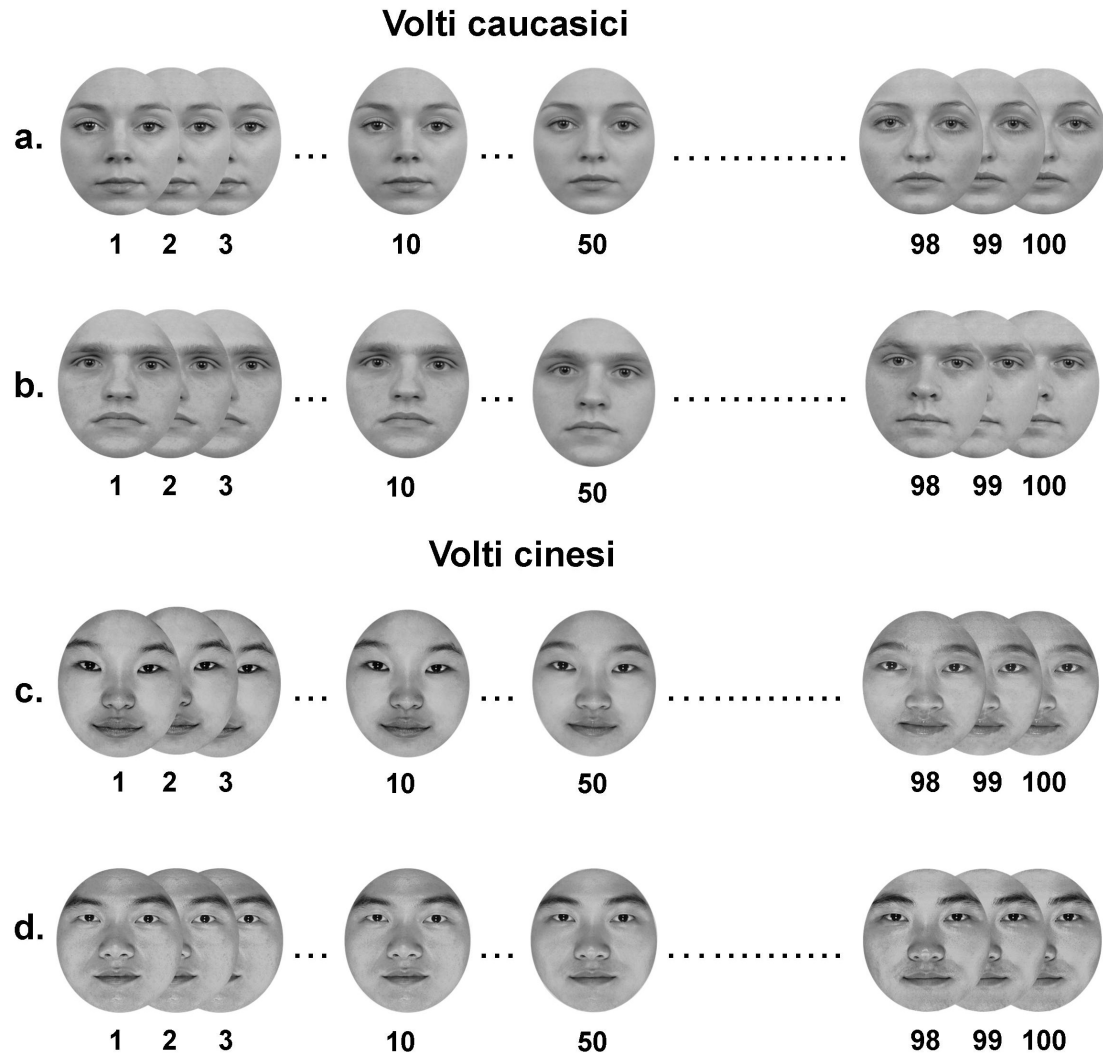


FIGURA 2.1: Esempi degli stimoli. **a-b.** I due continua dei volti caucasici sono stati generati attraverso una procedura di morphing tra due immagini che rappresentano volti femminili caucasici con diversa identità (**a**), e volti maschili caucasici con diversa identità (**b**), tutti con espressione neutra. I due continua cinesi sono stati generati attraverso una procedura di morphing tra due immagini che rappresentano volti femminili cinesi con diversa identità (**c**), e volti maschili cinesi con diversa identità (**d**), tutti con espressione neutra.

2.1.3 Risultati attesi

Riguardo l'effetto “other-race”, ci possiamo aspettare tre diversi risultati. (1) Le prestazioni nel compito di matching ritardato potrebbero essere migliori per volti SR rispetto a volti OR. Questo risultato indicherebbe che i processi di memoria da soli possono produrre un vantaggio dei volti SR sui volti OR, anche quando i fattori percettivi sono stati controllati. A sua volta, questo risultato non supporta l'ipotesi secondo la quale i processi di individuazione indeboliscono la rappresentazione in memoria per quelle trasformazioni mutevoli del volto che non alterano il riconoscimento dell'identità di una persona. (2) Le prestazioni nel compito di matching ritardato potrebbero essere migliori per volti OR rispetto a volti SR. Questo risultato supporterebbe la nostra ipotesi di lavoro secondo la quale effetti categoriali dovuti al processo di individuazione diminuiscono la salienza in memoria per le caratteristiche transienti dei volti SR. (3) Le prestazioni nel compito di matching ritardato non differiscono per volti SR e volti OR. Questo potrebbe suggerire che la precisione in memoria per volti SR e volti OR dipende principalmente dalla codifica percettiva, con nessun rilevante contributo dei processi di memoria.

Riguardo all'effetto di inversione, c'è da precisare che, negli stimoli che ho utilizzato, i volti SR e OR presentati in posizione canonica sono stati “equalizzati” in termini di discriminabilità percettiva, mentre i volti invertiti non lo sono stati (vedi Capitolo 1; Cadek & Lorenzino, 2012). Quindi, ci dovremmo aspettare una più forte asimmetria tra gli orientamenti canonico e invertito per volti SR rispetto a volti OR, come già riportato in altri studi (Hancock & Rhodes, 2008; Michel e coll., 2006a; Rhodes e coll., 2006). Se non dovessi trovare questo risultato, si potrebbe ipotizzare che la presenza di un maggiore FIE per volti SR rispetto a volti OR sia dovuta solo alla diversa codifica percettiva per questi stimoli.

2.2 Metodo

2.2.1 Partecipanti

Venti soggetti (6 maschi, età 25-30 anni) hanno partecipato volontariamente all'esperimento, essi erano tutti Caucasici e avevano vista normale o corretta. Nessuno era a conoscenza dello scopo dello studio e nessuno di loro era mai stato precedentemente esposto agli stimoli utilizzati. L'esperimento è stato svolto con il consenso informato e scritto di ogni partecipante. L'esperimento era conforme alle linee guida nazionali e istituzionali per esperimenti con soggetti umani e in accordo con la Dichiarazione di Helsinki.

2.2.2 Stimoli

Ho selezionato 4 volti Caucasici (due maschi e due femmine) con espressione neutra dal Radboud Faces Database (Langner e coll., 2010) e 4 volti Cinesi (due maschi e due femmine) dal AI&R Asian Face Database (Fu & Zeng, 2006). Tutte le immagini sono state prima convertite in scala di grigio, un’apertura ovale è stata posta sopra ogni volto, e gli ovali sono stati posizionati su uno sfondo trasparente. Le immagini misuravano 280 x 329 pixels e sono state controllati i loro valori di contrasto e luminanza. Da coppie delle 8 immagini originali, ho creato 4 continua di morphing con il programma Abrosoft FantaMorph. Ogni continuum di morphing era costituito da 100 immagini tra due volti, alle quali era assegnato un valore da 1 a 100. Il valore di ogni immagine indicava quindi la distanza da un estremo del continuum. Ho generato due continua di morphing tra volti Caucasici (uno tra due volti femminili con diversa identità e uno con due volti maschili con diversa identità, Figura 2.1a-b) e due continua di morphing tra volti Cinesi (uno tra due volti femminili con identità diversa e uno con due volti maschili di identità diversa, Figura 2.1c-d).

2.2.3 Procedura

2.2.3.1 Compito di matching simultaneo

Nella prima fase dello studio, i partecipanti svolgevano un compito di matching simultaneo, in cui dovevano indicare se due volti che apparivano simultaneamente sullo schermo erano uguali o diversi (Figura 2.2b). Le soglie di discriminazione percettiva sono state determinate utilizzando la procedura adattiva QUEST (Watson & Pelli, 1983), come implementato nel modulo Psychtoolbox di MATLAB (Brainard, 1997; Pelli, 1997). Le soglie, misurate dopo 80 trials, sono state stimate per ognuno dei 4 continua, per ogni partecipante e sono state definite come la distanza lungo il continuum del morphing da un volto di riferimento (l’immagine 10 di ogni continuum), necessaria per raggiungere la frequenza di risposte corrette corrispondente ad un certo criterio di successo (come indicato nello studio di Oruç & Barton, 2011). In particolare, ho svolto due QUESTs interleaved per misurare la frequenza di successo del 55% e 82% (due livelli di discriminazione corrispondenti a variazioni tra le immagini-faccia sotto e a livello di soglia percettiva), separatamente per ogni continuum di morphing. L’ordine in cui le soglie di discriminazione per volti Caucasici e Cinesi sono state misurate, è stato controbalanciato tra i partecipanti. Ogni trial iniziava con una schermata vuota per 1000 ms, poi due volti venivano presentati uno di fianco all’altro sullo schermo, in posizione centrale, separati da una distanza di 404 pixels. I soggetti dovevano premere un tasto diverso per indicare

se i due volti erano uguali o diversi. I volti rimanevano sullo schermo fino alla risposta dei partecipanti.

2.2.3.2 Compito di matching ritardato

Le immagini volto corrispondenti alle soglie di discriminazione misurate nella prima fase dello studio sono state usate come stimoli per l'esperimento di memoria. Ho selezionato tre facce per ogni continuum di morphing: il volto di riferimento (l'immagine corrispondente al fotogramma 10 del continuum) e i volti test corrispondenti alle soglie individuate (un volto test per il livello di discriminazione del 55% e un volto test per il livello di discriminazione del 82%). Per valutare la presenza dell'effetto di inversione, questi volti sono stati presentati anche in posizione invertita. In totale, avevo 24 (3 volti $\times$ 4 continua di morphing $\times$ 2 orientamenti) volti da presentare nell'esperimento di memoria. I partecipanti svolgevano un compito di matching ritardato (Figura 2.2c). Ogni trial iniziava con una schermata vuota presentata per 1000 ms, seguita da un volto presentato in posizione centrale per altri 1000 ms. Il secondo volto veniva presentato dopo una schermata vuota di 1000 ms e rimaneva sullo schermo fino alla risposta dei partecipanti. La posizione della seconda faccia sullo schermo veniva variata in maniera casuale intorno alla posizione centrale dello schermo per minimizzare effetti di adattamento. I soggetti premevano un tasto per indicare se il secondo volto era uguale (risposta “old”) oppure no (risposta “new”) al primo volto presentato. Le immagini presentate in ogni trial corrispondevano al volto di riferimento e ad una delle due facce test di un continuum. Ho presentato in maniera casuale, in ogni sessione, volti caucasici o cinesi in orientamento canonico o invertito, e il volto di riferimento e il volto test venivano presentati in ordine casuale nei due intervalli di ogni trial. I partecipanti svolgevano un totale di 768 trials, divisi in quattro sessioni da 192 trials.

2.2.4 Analisi dei dati

L'accuratezza di riconoscimento (d') è stata analizzata separatamente per i due livelli di discriminazione (55% e 82%) con un modello a effetti misti² con Razza (Caucasici e Cinesi), Orientamento (Canonico o Invertito) e a loro interazione come effetti fissi. Come effetti random, ho inserito intercette casuali soggetto-specifiche e pendenze casuali soggetto-specifiche per gli effetti di Razza e Orientamento (Barr, Levy, Scheepers & Tily, 2013; Caudek, 2013).

²Ho usato **R** (R Core Team, 2013), **lme4** (Bates, Maechler, Bolker & Walker, 2014), e **lmerTest** (Kuznetsova, Brockhoff & Christensen, 2014). I p -valore sono stati stimati con il test del rapporto di verosimiglianza del modello completo con l'effetto in questione contro il modello senza l'effetto in questione e utilizzando le approssimazioni dei gradi di libertà di Satterthwaite e Kenward-Roger (KR) (vedi anche Caudek, 2014; Caudek & Domini, 2013; Caudek & Monni, 2013).

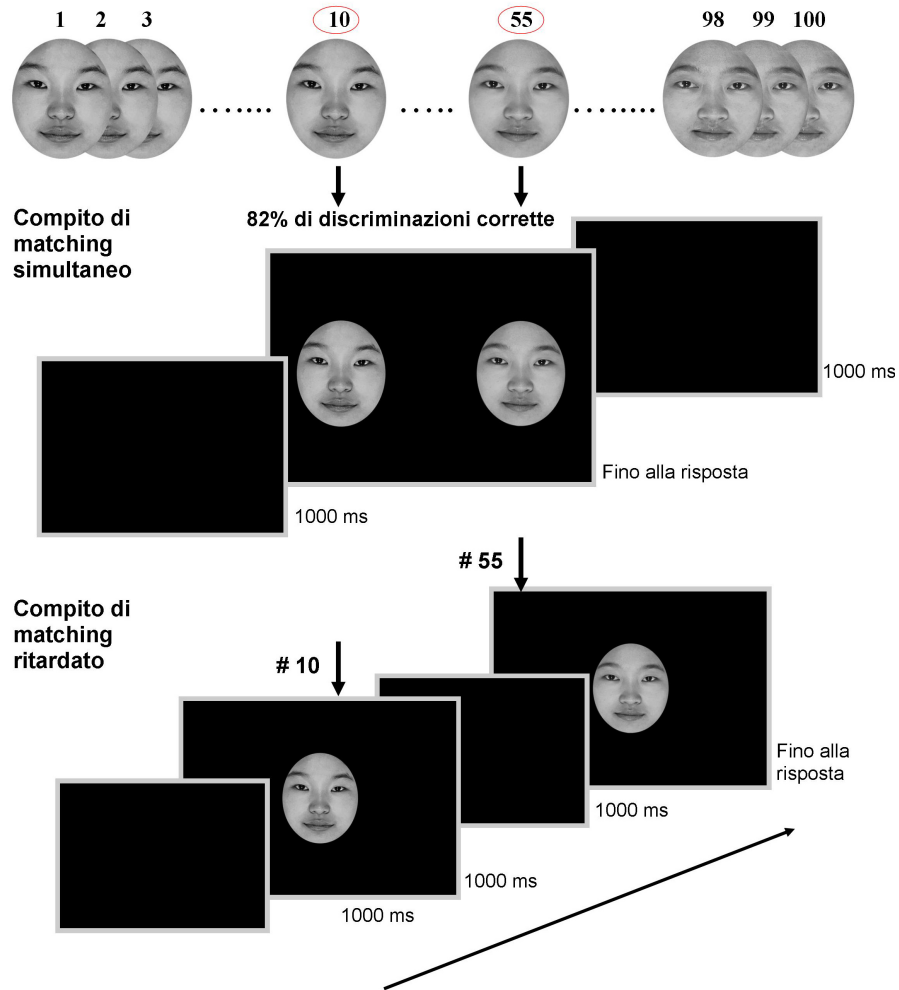


FIGURA 2.2: Procedura generale. **a.** Esempio di un continuum di morphing di volti cinesi. **b.** Compito di matching simultaneo. I partecipanti indicavano se due volti presentati simultaneamente erano uguali o diversi. **c.** Compito di matching ritardato. I partecipanti indicavano se due volti presentati consecutivamente erano uguali o diversi. Le immagini presentate in questo compito corrispondevano alle immagini che avevano prodotto il 55% (non mostrato nella figura) e l'82% di risposte “diverso” nel compito di matching simultaneo.

2.2.5 Risultati

La Figura 2.3 mostra l'accuratezza di riconoscimento (d') per i volti caucasici e cinesi in funzione dell'orientamento e dei due livelli di discriminazione percettiva. Come possiamo vedere, per il livello di discriminazione del 55%, dove le variazioni tra le immagini presentate erano appena sotto il livello di soglia percettiva, d' è maggiore per volti cinesi rispetto a volti caucasici, sia per volti in orientamento canonico, $\chi^2_1 = 3.89$, $p = .0480$, sia per volti in orientamento invertito, $\chi^2_1 = 21.50$, $p < .001$. Inoltre, l'interazione a due vie Orientamento $\times$ Gruppo etnico rivela che la differenza tra volti invertiti e canonici è superiore per volti caucasici rispetto a volti cinesi, $\chi^2_1 = 4.86$, $p = .0274$. Anche per

il livello di discriminazione dell’82%, dove le variazioni tra le immagini presentate erano sopra il livello di soglia percettiva, d' risulta maggiore per volti cinesi rispetto a volti caucasici, per entrambe gli orientamenti (orientamento canonico: $\chi^2_1 = 8.52$, $p = .0030$; orientamento invertito: $\chi^2_1 = 19.58$, $p < .001$). In questa condizione, l’interazione Orientamento $\times$ Gruppo etnico non è statisticamente significativa, $\chi^2_1 = 1.76$, $p = .1839$, e d' risulta maggiore per volti in orientamento canonico rispetto a volti invertiti, sia per volti caucasici, $\chi^2_1 = 19.63$, $p < .001$, sia per volti cinesi, $\chi^2_1 = 11.07$, $p < .001$. La Figura 2.4 mostra una misura dell’effetto di inversione per i due gruppi etnici, in funzione del livello di discriminazione.

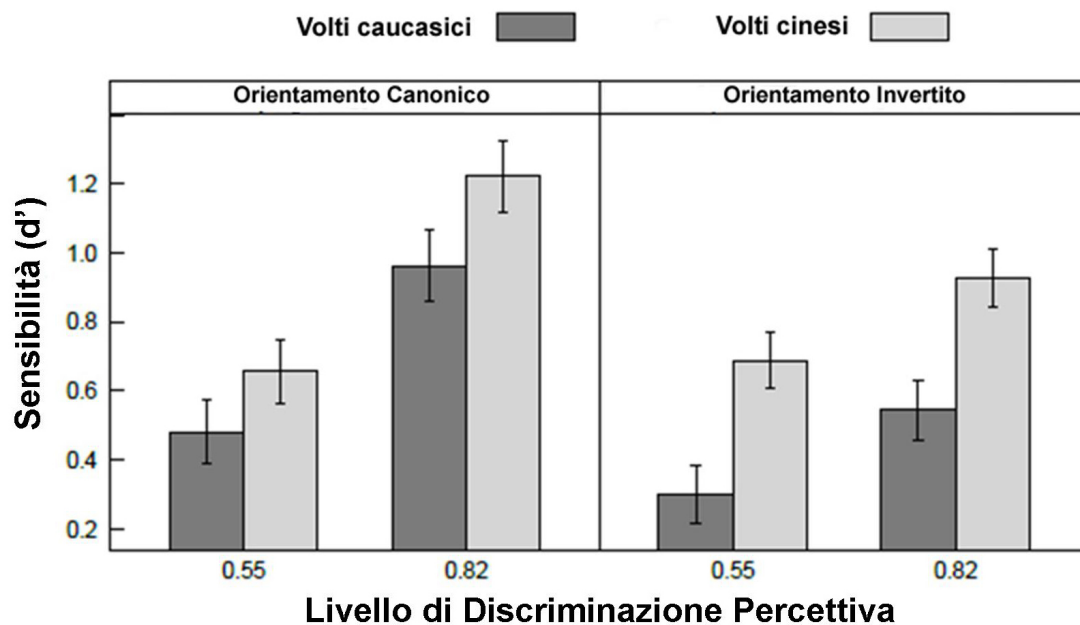


FIGURA 2.3: d' in funzione del Gruppo etnico (*volti caucasici*; *volti cinesi*) e dell’Orientamento (*volti in orientamento canonico*; *volti in orientamento invertito*) per variazioni tra le immagini corrispondenti al 55% e all’ 82% di discriminazioni corrette (*livello di discriminazione percettiva*). Le barre di errore indicano l’errore standard della media entro soggetti di Cousineau-Morey (Cousineau, 2005; Morey, 2008).

2.2.5.1 Analisi degli hits e dei falsi allarmi

Per capire meglio l’origine del vantaggio dei volti OR sui volti SR nel compito di matching ritardato, dai dati di ogni partecipante ho calcolato la frequenza dei riconoscimenti corretti (hits) e dei falsi allarmi, che ci forniscono una misura del bias. Maggiori falsi allarmi indicano un bias di memoria più liberale (ovvero la tendenza a dire “l’ho già visto” nel caso di volti nuovi). La proporzione media di hits e falsi allarmi in ogni condizione è mostrata nella Tabella 2.1. La frequenza degli hits è stata calcolata utilizzando un modello lineare generalizzato a effetti misti, prendendo come funzione legame la funzione

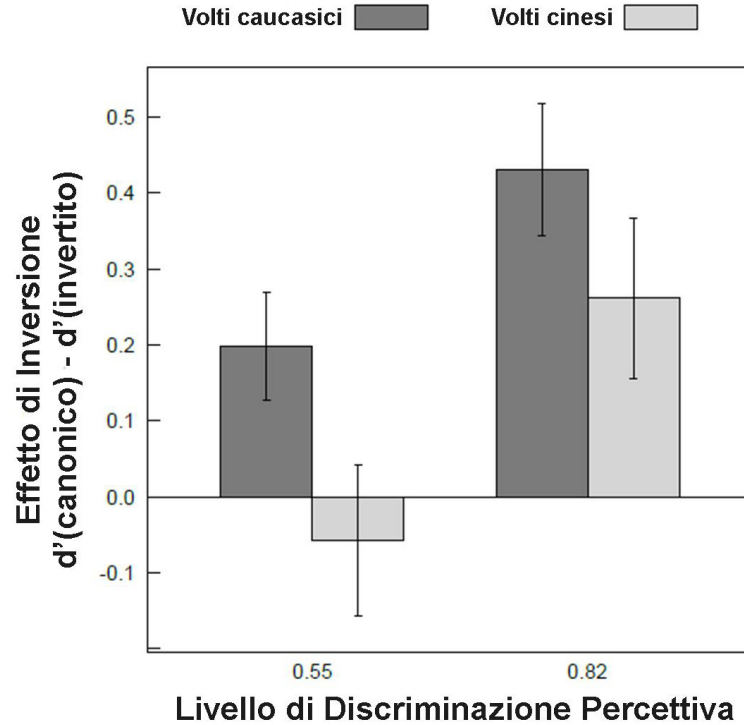


FIGURA 2.4: Effetto di inversione in funzione del Gruppo etnico e del Livello di discriminazione percettiva. L'effetto di inversione è calcolato come la differenza tra il d' misurato per i volti con orientamento canonico e il d' misurato per i volti con orientamento invertito. Le barre di errore indicano l'errore standard della media entro soggetti di Cousineau-Morey (Cousineau, 2005; Morey, 2008).

logit (Jaeger, 2008). Come effetti fissi, ho considerato il Gruppo etnico, il Livello di discriminazione, e l'Orientamento. Come effetti random, ho considerato intercette random per ogni soggetto e pendenze random per soggetto, per tutti i predittori. Come mostrato nella Tabella 2.1, non ci sono differenze statisticamente significative nella frequenza degli hits tra volti SR e volti OR; inoltre, la variabile Gruppo etnico non interagisce con nessun'altra variabile nel modello, $\chi^2_7 = 3.69$, $p = .8147$. Un modello simile usato per l'analisi dei falsi allarmi ha mostrato una significativa interazione Livello di discriminazione $\times$ Orientamento, $\chi^2_1 = 12.62$, $p = .0004$, così come una significativa interazione Gruppo etnico $\times$ Orientamento, $\chi^2_1 = 8.70$, $p = .0032$. Per il livello di discriminazione dell'82%, l'effetto del Gruppo etnico è statisticamente significativo, $\chi^2_1 = 7.42$, $p = .0064$, indicando che l'odds di un falso allarme è 66% più grande per volti SR rispetto a volti OR (95% CI: 16%, 139%).

2.2.6 Discussione

Dopo aver eguagliato il livello di discriminabilità percettiva tra volti SR e OR, le prestazioni di riconoscimento risultano superiori per volti OR rispetto a volti SR, diversamente

Livello di discriminazione	Gruppo etnico	Orientamento	HR	FAR
55	Caucasici	I	0.75	0.66
55	Caucasici	C	0.73	0.61
55	Cinesi	I	0.76	0.54
55	Cinesi	C	0.74	0.56
82	Caucasici	I	0.75	0.57
82	Caucasici	C	0.77	0.46
82	Cinesi	I	0.75	0.44
82	Cinesi	C	0.77	0.38

TABELLA 2.1: Proporzione media di hits e falsi allarmi per ogni livello di discriminazione, gruppo etnico e orientamento.

da quanto è stato trovato numerose volte in studi precedenti. Tuttavia, in questo studio, i partecipanti dovevano riconoscere variazioni tra i volti che erano a livello o sotto la soglia percettiva, per cui le trasformazioni dei volti erano talmente piccole che non alteravano il riconoscimento dell'identità. Una possibile spiegazione a questi risultati è appunto il fatto che per volti SR esista un processo di “individuazione” (che non è presente per volti OR) secondo il quale le caratteristiche transienti dei volti vengono rappresentate con minor precisione in memoria per garantire una rappresentazione più costante di un'identità individuale. Visto che nel presente studio i soggetti dovevano riconoscere variazioni molto piccole tra i volti, il processo di individuazione ha determinato una minor precisione in memoria per volti SR rispetto a volti OR. I risultati suggeriscono anche che la manipolazione non ha influenzato gli effetti di riconoscimento dovuti all'inversione dei volti. Infatti troviamo che l'effetto di inversione è più forte per volti SR rispetto a volti OR, un risultato che conferma gli studi precedenti in letteratura (Hancock & Rhodes, 2008; Michel e coll., 2006a; Rhodes e coll., 2006). Sembra, quindi, che l'elaborazione dei volti SR (in particolare l'elaborazione di piccole differenze tra i volti) sia influenzata sia dai processi di categorizzazione, ma anche da processi di elaborazione olistica. Infatti la presenza di un maggior effetto di inversione per questi stimoli rispetto ai volti OR suggerisce che i volti SR vengano comunque elaborati più “olisticamente” dei volti OR. Questo effetto suggerisce che fattori percettivi giocano un ruolo diverso nell'ORE e nel FIE.

2.3 Discussione generale

In letteratura, c'è un consenso unanime riguardo al fatto che il riconoscimento dell'identità di un volto avviene più facilmente per volti SR rispetto a volti OR (Hugenberg e coll., 2010). I risultati della mia ricerca mostrano, per la prima volta, che il vantaggio per volti SR su volti OR in termini di riconoscimento dell'identità di una persona determina

un peggioramento della precisione in memoria per volti SR. Infatti, ho rilevato che la memoria a breve termine per variazioni tra i volti a livello di soglia percettiva è peggiore per volti SR rispetto volti OR. Questo indica che l'ORE non implica sempre un vantaggio in memoria per volti appartenenti alla nostra razza. Infatti trasformazioni facciali che non alterano il riconoscimento dell'identità di una persona sono rappresentate in memoria con minor precisione per volti SR rispetto a volti OR. Questi risultati offrono ulteriori evidenze del ruolo diverso assunto dai processi di individuazione per volti appartenenti e non al nostro gruppo etnico.

Ho ottenuto questi risultati utilizzando, per ogni partecipante, variazioni tra le immagini-faccia commensurabili a livello di soglia di discriminazione percettiva, per volti SR e OR. In questo modo, nel mio esperimento, il contributo dei fattori percettivi sull'ORE è stato controllato. I risultati indicano che i processi che si verificano dopo la fase di codifica percettiva influenzano la memoria per volti SR e OR in maniera diversa.

L'idea che le caratteristiche facciali che non sono diagnostiche dell'identità di una persona sono rappresentate con minor accuratezza in memoria è stata già descritta in studi precedenti. Caudek (2013) ha proposto che, quando esemplari di una categoria di stimoli devono essere identificati ad un livello subordinato piuttosto che ad un livello base di categorizzazione (Gauthier & Tarr, 1997; McGugin, Tanaka, Lebrecht, Tarr, & Gauthier, 2011; Nishimura & Maurer, 2008; Scott, Tanaka, Sheinberg, & Curran 2006; Tanaka, Curran, & Sheinberg, 2005; Tanaka & Taylor, 1991), allora le rappresentazioni in memoria sono modulate da processi di "distintività acquisita" e "equivalenza acquisita" (Goldstone, 1998). Come già descritto nel Capitolo 1 (Introduzione), la distintività acquisita è un processo secondo il quale, come conseguenza dell'acquisizione dell'abilità a riconoscere una certa classe di stimoli, per ottenere una rappresentazione in memoria più forte di uno stimolo, il nostro sistema elabora solo quelle dimensioni che sono rilevanti per l'identificazione degli esemplari a livello individuale. L'equivalenza acquisita è il processo opposto, attraverso il quale si ottiene una rappresentazione più debole in memoria delle trasformazioni dello stimolo che sono irrilevanti per un'identificazione a livello individuale. Entrambe i processi consentono un migliore riconoscimento dell'identità di una persona, che è una delle abilità fondamentali che possediamo. Nel Capitolo 1, abbiamo visto come processi di equivalenza acquisita causano un ribaltamento dell'effetto di inversione dei volti quando dobbiamo discriminare differenze tra i volti lungo la dimensione dell'identità facciale, mentre questo effetto non si verifica quando dobbiamo discriminare variazioni tra i volti lungo la dimensione delle espressioni emotive. I risultati di questa ricerca sono ulteriore esempio di equivalenza acquisita. Ho rilevato, infatti, che questo processo modula gli effetti della razza sulla nostra memoria per i volti.

Precedenti ricerche indicano che aumentare l'intervallo di ritenzione nella memoria a

lungo termine induce un maggiore effetto “other-race” (Meissner & Brigham, 2001). Il presente esperimento indica come i processi di memoria che influenzano in modo diverso volti SR e OR (nel nostro caso, in particolare, il processo di equivalenza acquisita) agiscono già nella memoria a breve termine, con un intervallo di ritenzione di appena un secondo.

Per ciò che riguarda l’effetto di inversione, i risultati di questa ricerca confermano che la grandezza di questo effetto è maggiore per volti SR rispetto a volti OR (Hancock & Rhodes, 2008). Questo dato conferma l’idea che i volti SR siano processati in maniera “più olistica” rispetto ai volti OR. A questo proposito, è da sottolineare che la nostra procedura è simile a quella usata in studi precedenti, questo risultato era quindi prevedibile. Infatti, a differenza dello studio che ho descritto nel Capitolo 1, in questo esperimento non ho selezionato coppie di volti in orientamento canonico e invertito che producevano lo stesso livello di discriminazione percettiva. Quindi per gli stimoli che ho usato non mi aspettavo lo stesso risultato che ho trovato nello studio precedente. E’ interessante notare che l’effetto di inversione dei volti scompare per i volti OR quando i partecipanti devono discriminare variazioni tra i volti che corrispondono ad una prestazione corretta del 55%. Questo risultato è in linea con la nostra ipotesi, in quanto mostra come per differenze così piccole tra i volti, i processi normali che riguardano il riconoscimento dell’identità di un volto non entrano in gioco quando dobbiamo riconoscere volti OR.

I risultati di questa ricerca e dello studio descritto nel Capitolo 1 evidenziano come la fedeltà della memoria sia flessibile e si adatti alle domande del compito: il riconoscimento dell’identità di un volto pone infatti richieste diverse alla memoria rispetto al riconoscimento dell’espressioni facciali o al riconoscimento del gruppo etnico di appartenenza di un volto.

2.4 Conclusioni

La memoria per trasformazioni facciali che preservano l’identità è meno accurata per volti SR rispetto a volti OR. Questo risultato conferma l’idea che caratteristiche transienti di volti SR sono “ignorate” dalla memoria per ottimizzare il riconoscimento dell’identità individuale (Caudek, 2013). Questo effetto categoriale è così forte che, in specifiche condizioni, può invertire la direzione dell’ORE e dell’effetto di inversione (Caudek & Lorenzino, 2012).

Capitolo 3

L'influenza delle emozioni nell'apprendimento percettivo dei volti

Il volto umano è uno degli stimoli a cui siamo maggiormente esposti nel corso della vita. Tuttavia, ancora molti dubbi esistono su come l'esperienza visiva riesca a modulare i processi di discriminazione dei volti. Molti studi mostrano che l'esperienza visiva determina stili di elaborazione percettiva specifici per i volti che possono influenzare anche la loro rappresentazione in memoria. Nel Capitolo 2, abbiamo visto come la maggior esperienza che abbiamo con volti appartenenti al nostro gruppo etnico determina meccanismi di categorizzazione specifici per questi stimoli. In questo capitolo descriverò uno studio in cui abbiamo valutato se la presenza di informazione emotiva può modulare l'apprendimento nella discriminazione dei volti. In particolare, abbiamo esaminato se l'influenza della valenza emotiva di un volto fosse così forte da determinare fenomeni di apprendimento implicito per i volti.

I risultati di questa ricerca sono in corso di pubblicazione:

Lorenzino, M., & Cadek, C. (in press). Task-irrelevant emotion facilitates face discrimination learning. *Vision Research*.

e sono stati presentati al Trieste Symposium on Perception and Cognition (November, 27-28, 2014) - Trieste (TS).

Lorenzino, M., & Cadek, C. (2014). Facial Emotions Improve Face Discrimination Learning. In Paolo Bernardis, Carlo Fantoni, Walter Gerbino (eds.) *"TSPC2014. Proceedings of the Trieste Symposium on Perception and Cognition, November 27-28"* (pp. 72-75), Trieste: EUT Edizioni Università di Trieste.

3.1 Introduzione

3.1.1 La discriminazione dei volti

La capacità di discriminare i volti di individui diversi è un'abilità importante che ci consente di interagire correttamente con l'ambiente che ci circonda. Anche se l'uomo si può considerare un "esperto di facce" (Carey, 1992), questa abilità non è innata. Gli adulti riescono a discriminare correttamente i volti dopo molti anni di esperienza visiva con questi stimoli (Germine, Duchaine & Nakayama, 2011; Mondloch e coll., 2013).¹ Nonostante questa abilità sia molto importante, i meccanismi che ne stanno alla base non sono ancora del tutto conosciuti. Rossion (2014), per esempio, ha elencato una serie di domande che sono ancora aperte. Quale è il ruolo dell'esperienza visiva nel migliorare l'abilità a discriminazione i volti? Quali caratteristiche facciali sono importanti per discriminare correttamente i volti? La discriminazione dei volti è un'abilità dominio-specifica o riflette un processo più generale che coinvolge anche altre classi di stimoli? La discriminazione dei volti è influenzata dalla familiarità? Come può essere misurata? Lo scopo del presente studio è di esaminare, in condizione controllate, gli effetti dell'esperienza visiva sulla sensibilità di discriminare i volti. In particolare, abbiamo considerato l'influenza dell'espressioni emotive facciali nei processi di apprendimento legati alla discriminazione dei volti.

3.1.2 L'apprendimento visivo percettivo

Una prolungato training in compiti di discriminazione e detezione visiva determina un miglioramento della prestazione conosciuto come apprendimento percettivo visivo (VPL; Gibson, 1963). Molti studi in letteratura si occupano di indagare i processi legati all'apprendimento percettivo perché esso è legato ai meccanismi di plasticità corticale e perché VPL modula le risposte del nostro sistema visivo (Fahle, 2005; Sasaki, Nájuez & Watanabe, 2010). Gli studi sul VPL hanno generalmente esaminato i miglioramenti comportamentali associati con l'elaborazione di semplici attributi visivi come l'orientamento (Schoups, Vogels & Orban, 1995), la direzione di movimento (Ball & Sekuler, 1987), il contrasto di luminanza (Yu, Klein & Levi, 2004), l'acuità di Vernier (Fahle, 1997), la stereoacuità (Fendick & Westheimer, 1983), la fase spaziale e la texture (Karni & Sagi, 1991). Un risultato ricorrente in questi studi è che VPL è altamente specifico per gli stimoli presentati durante la fase di training e per il compito. Questo risultato conferma

¹Con il termine "discriminazione dei volti", si intende l'abilità nel distinguere volti appartenenti a soggetti diversi con poco o nessun coinvolgimento della memoria. Questa abilità è diversa rispetto a quella che viene definita la "memoria per i volti" che richiede sia aspetti legati alla percezione visiva, ma anche il confronto tra il volto che viene percepito e i volti che sono immagazzinati nella memoria a lungo termine (Weigelt e coll., 2014).

l'idea che VPL dipenda da cambiamenti nella corteccia visiva primaria dove i neuroni hanno campi recettivi specifici per le singole caratteristiche di uno stimolo (es., Wong, Folstein & Gauthier, 2012).

L'apprendimento percettivo, comunque, riguarda anche stimoli visivi più complessi, come ad esempio lettere non familiari (Suchow & Pelli, 2005), forme complesse (Michel & Jacobs, 2008), oggetti (Furmanski & Engel, 2000) e volti sconosciuti (Vilsten & Mundy, 2014). Anche in questi casi, il miglioramento dell'elaborazione visiva dovuto all'esperienza è di solito specifico per le caratteristiche dello stimolo che sono state oggetto di apprendimento e per la situazione in cui l'apprendimento percettivo si verifica (Gölcü & Gilbert, 2009; Hussain, Sekuler & Bennett, 2009).

3.1.3 L'apprendimento percettivo dei volti

Nel riconoscimento dei volti, Bi, Chen, Weng, He e Fang (2010) hanno mostrato che un training intensivo determinava un miglioramento significativo della sensibilità all'orientamento tridimensionale dei volti, per rotazioni lungo l'asse verticale. Questo miglioramento era altamente specifico per l'orientamento del volto che era stato presentato durante la fase di training (ad es. 30° dall'orientamento frontale) e poteva essere osservato anche 6 mesi dopo la fase di training. Hussain et al. (2009) hanno addestrato i partecipanti ad un compito di identificazione di volti, a scelta forzata con 10 alternative. La prestazione in questo compito migliorava dopo il training, ma i miglioramenti erano orientamento-specifici e esemplare-specifici (sebbene è stata trovata una qualche generalizzazione dell'apprendimento tra i vari orientamenti del volto). Su, Tan e Fang (2013) hanno addestrato i partecipanti ad un compito di discriminazione del genere dei volti, con stimoli selezionati da continua di morphing che rappresentavano una graduale transizione tra un volto femminile e un volto maschile. L'abilità nella discriminazione del genere migliorava dopo il training, ma il miglioramento era specifico per il genere e le identità presentate durante la fase di addestramento.

Wilson & Diaconescu (2006) hanno valutato come l'apprendimento potesse modificare la rappresentazione di un volto secondo il modello proposto da Valentine (1991). Questo modello assume che i volti sono codificati in memoria in termini di punti o vettori in uno spazio percettivo multidimensionale, dove ogni caratteristica rappresenta una dimensione nella rappresentazione mentale dell'osservatore. Alcuni autori ritengono che all'origine di questo spazio ci sia un volto "medio" appartenente al gruppo etnico a cui l'osservatore è maggiormente esposto. Gli autori si sono chiesti quali cambiamenti avvengono in questo spazio multidimensionale quando una nuova faccia viene appresa. I risultati mostrano che una fase di esposizione a volti che differivano per una certa quantità dalla faccia media

produce un miglioramento nel loro riconoscimento e determina anche un miglioramento nella discriminazione dei volti che si trovano vicini nello spazio ai volti appresi. Gli autori suggeriscono che l'apprendimento crea una rappresentazione più precisa nelle vicinanze della faccia media, probabilmente migliorando il rapporto segnale/rumore.

3.1.4 L'apprendimento percettivo senza sforzo cosciente

L'apprendimento percettivo rappresenta un equilibrio tra il bisogno del sistema visivo di mantenere la sua stabilità (ovvero di mantenere inalterati i suoi meccanismi di elaborazione quando sono esposti a nuova informazione) e la necessità di adattarsi alle nuove informazioni che provengono dall'ambiente (Sasaki e col., 2010). Nel risolvere il dilemma stabilità-versus-plasticità (Ogasawara, Doi & Kawato, 2008), l'attenzione potrebbe agire selezionando le caratteristiche rilevanti dell'ambiente che richiedono la plasticità dell'elaborazione visiva oltre la fase dello sviluppo. In alcuni casi, quindi, VPL è determinato dall'attenzione focalizzata (Ahissar, & Hochstein, 1993).

Lo sforzo cosciente, tuttavia, non è sempre necessario perché si verifichi apprendimento percettivo. Alcuni studi hanno mostrato che VPL si verifica anche in maniera implicita, quando, durante il training, l'attenzione focalizzata non è diretta verso le caratteristiche dello stimolo che sono oggetto di apprendimento. Per esempio, Watanabe, Náñez e Sasaki (2001) hanno chiesto ai partecipanti di svolgere un compito di identificazione di lettere, dove una lettera veniva presentata in posizione centrale all'interno di un display che sullo sfondo aveva un insieme di punti che si muovevano in maniera casuale. Anche se il movimento dei punti era irrilevante ed il segnale era così debole per cui non si riusciva a individuare in che direzione si muovessero i punti, ripetute esposizioni a questi stimoli hanno successivamente migliorato la percezione della direzione di movimento dei punti (Task-Irrelevant Perceptual Learning, TIPL; vedi anche Seitz & Watanabe, 2009). In questo studio, ho utilizzato un paradigma simile a quello che si utilizza negli studi sull'apprendimento implicito per determinare se questo tipo di apprendimento può migliorare la discriminazione dei volti. Nel presente studio, l'apprendimento è implicito perché le caratteristiche facciali su cui verranno testati i partecipanti sono irrilevanti per il compito che si deve svolgere durante la fase di training. Ho scelto di studiare l'apprendimento implicito perché esso rappresenta più verosimilmente una situazione reale, in cui ripetute esposizioni quotidiane a volti possono avere effetti sulla loro elaborazione, senza che ci sia una cosciente intenzione ad apprendere e senza un focus attentivo su specifiche caratteristiche facciali.

3.1.5 Le emozioni e la discriminazione dei volti

Il volto umano offre informazioni sull'identità di una persona, il suo stato emotivo, e le sue intenzioni (Ekman & Friesen, 1975). Dato che l'informazione sociale è critica per la sopravvivenza, non è sorprendente che la valenza emotiva dei volti possa modulare fortemente la loro elaborazione (Gallegos & Tranel, 2005; Ganel & Goshen-Gottstein, 2004; Karnadewi & Lipp, 2011). Studi mostrano come le emozioni influenzano l'elaborazione dell'identità facciale (Levy & Bentin, 2008). La discriminazione dei volti migliora se le espressioni facciali sono mantenute costanti (Levy & Bentin, 2008) e volti familiari felici vengono ricordati più velocemente rispetto a volti familiari con espressione neutra (Kaufman & Schweinberger, 2004). In egual modo, i giudizi sull'espressione emotiva dei volti sono influenzati dall'identità facciale: siamo più lenti a giudicare l'espressione emotiva di volti che hanno identità diversa (Karnadewi & Lipp, 2011). Inoltre, un certo numero di studi ha mostrato che le emozioni influenzano fortemente anche la memoria per i volti. La presenza di emozioni facciali durante la fase di codifica migliora la memoria di un volto (D'Argembeau, Van der Linden, Comblain & Etienne, 2003); ci ricordiamo un numero maggiore di facce quando esse presentano un'espressione di rabbia piuttosto che un'espressione neutra o di felicità (Jackson, Wu, Linden & Raymond, 2009); la memoria episodica è più accurata per volti felici, piuttosto che volti neutri o arrabbiati, anche se l'attenzione non è orientata verso l'espressione emotiva del volto (D'Argembeau & Van der Linden, 2007).

3.1.6 Le emozioni e l'apprendimento

Sebbene molte evidenze indicano che le emozioni influenzano l'elaborazione dei volti, gli effetti delle emozioni sull'apprendimento sono ancora poca chiari. Pollak, Messner, Kistler e Cohn (2009) hanno misurato la sensibilità al riconoscimento di cinque diverse emozioni, che venivano mostrate nelle diverse fasi della loro esecuzione (da neutro a molto espressivo). In un campione di bambini di 9 anni, Pollak e coll. trovarono che bambini abusati, in confronto ad un gruppo di controllo, mostravano una maggiore sensibilità all'espressione di rabbia, ma non alle altre emozioni. Gli autori hanno interpretato questi risultati suggerendo che "variazioni nell'esperienza con espressioni facciali emotive può indurre diverse strategie di elaborazione percettiva e influenzare come e quando le emozioni sono percepite" (p. 245). Watanabe, Sakagami e Haruno (2013) hanno esaminato se la velocità di apprendimento, per prove ed errori, di associazioni probabilistiche tra stimoli visivi e stimoli ricompensa può venir modulata dalla presentazione di volti con espressione neutra o di paura. Gli autori trovano che la presentazione di un volto con espressione di paura, sebbene sia irrilevante per il compito da svolgere, aumenta la velocità di apprendimento in confronto alla presentazione di un volto neutro. Questo risultato

potrebbe indicare l'esistenza di un'associazione tra ricompensa e espressione facciale in un contesto sociale. L'arousal provocato da uno stimolo emotivo può avere effetti anche sui processi attentivi che influenzano l'apprendimento. Gorlick & Maddox (2013) hanno valutato come stimoli emotivi con una valenza positiva o negativa potessero influenzare le risorse attentive e le prestazioni in due sistemi basati sull'apprendimento del prototipo: un sistema mediato dalla memoria dichiarativa e dall'elaborazione di regole di verbalizzazione e un altro sistema mediato da una forte rappresentazione percettiva. Gli autori hanno trovato che l'arousal causato da stimoli negativi ha l'effetto di restringere il focus attentivo verso le caratteristiche specifiche di uno stimolo e quindi favorisce un tipo di apprendimento mediato dalla memoria dichiarativa, mentre inibisce un tipo di apprendimento mediato dalla rappresentazione percettiva; l'arousal causato da stimoli positivi invece ha l'effetto di allargare il focus attentivo favorendo una rappresentazione globale dello stimolo, quindi favorisce processi di apprendimento mediati da rappresentazioni percettive e ostacola processi di apprendimento basati sulla memoria dichiarativa.

Questi studi hanno valutato se le emozioni possono influenzare diversi sistemi di apprendimento, ma nessuna ricerca ha mai specificatamente considerato l'apprendimento percettivo per i volti. Sappiamo che la discriminazione dei volti migliora con l'esperienza visiva. Prove indirette di questo provengono dall' "Effetto di inversione dei volti" (FIE, Yin, 1969; per una rassegna, vedi Rossion, 2009) e dall' "Effetto Other-race" (ORE, Malpass & Kravitz, 1969; per una rassegna, vedi Rossion & Michel, 2011). In entrambe i casi, deficits nella discriminazione di volti possono derivare da una mancanza di esperienza visiva con essi: il FIE deriva dal fatto che noi non siamo abituati a vedere volti ruotati di 90°; l' ORE dipende dalla nostra limitata esperienza visiva con la morfologia di volti appartenenti ad un gruppo etnico diverso dal nostro. Ma tutti i tipi di esperienza visiva possono determinare apprendimento nella discriminazione dei volti? Ci sono alcuni tipi di esperienza visiva più importanti di altri? Sembra plausibile ipotizzare che la presenza di una situazione emotiva, a causa del suo potenziale livello di arousal, potrebbe facilitare l'apprendimento nella discriminazione dei volti. L'obiettivo di questo studio è esaminare questa ipotesi attraverso un paradigma di apprendimento implicito.

3.1.7 Disegno sperimentale

Lo studio comprendeva tre fasi. (1) Soglie di discriminazione percettiva sono state misurate per variazioni tra immagini di volti prodotte con la tecnica del morphing. Ho creato continua di morphing i cui estremi erano immagini di volti con identità facciale diversa oppure tra l'immagine di un volto neutro e l'immagine dello stesso volto ma con un'espressione emotiva (Figura 3.1). (2) I partecipanti sono stati divisi in tre gruppi

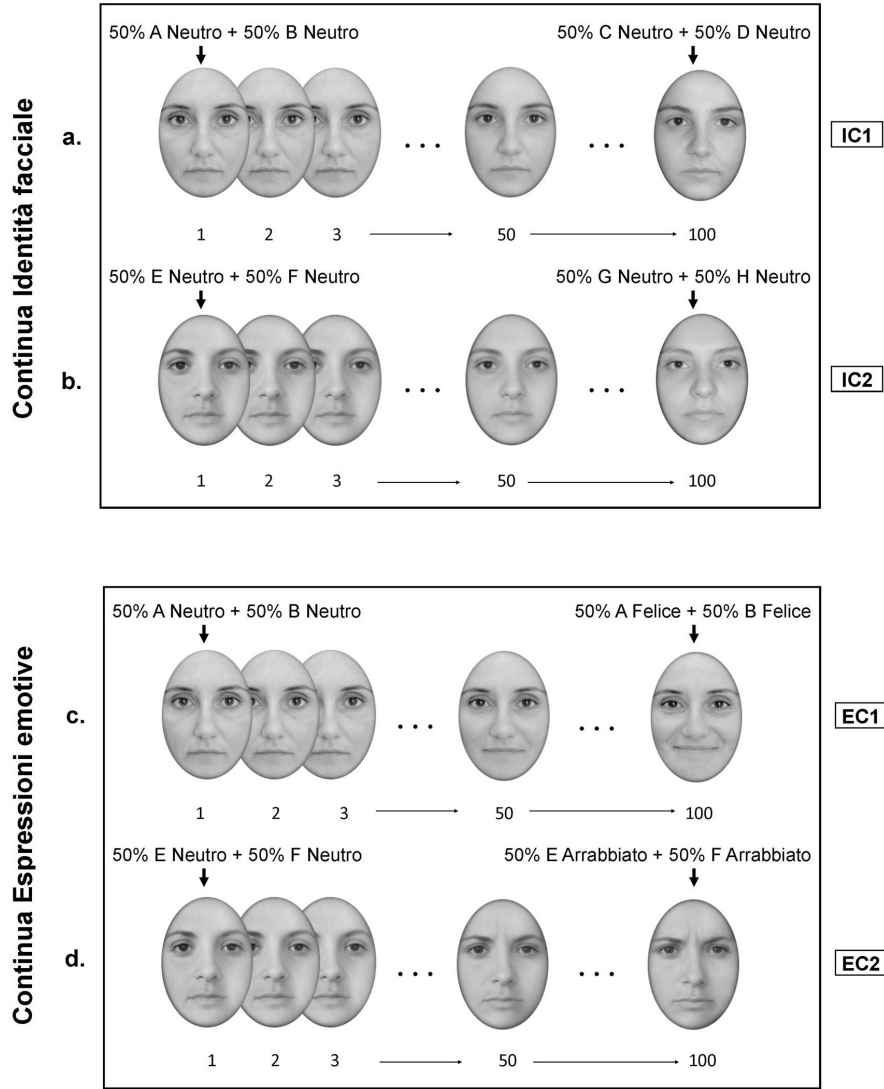


FIGURA 3.1: Esempi degli stimoli utilizzati. **a-b.** Continua di morphing dell'identità facciale (espressione neutra). IC1: morphing tra l'immagine 50% *A Neutro* + 50% *B Neutro* [frame 1] e l'immagine 50% *C Neutro* + 50% *D Neutro* [frame 100]; IC2: morphing tra l'immagine 50% *E Neutro* + 50% *F Neutro* [frame 1] e l'immagine 50% *G Neutro* + 50% *H Neutro* [frame 100]. **c-d.** Continua di morphing delle espressioni emotive. EC1: morphing tra l'immagine 50% *A Neutro* + 50% *B Neutro* [frame 1] e l'immagine 50% *A Felice* + 50% *B Felice* [frame 100]; EC2: morphing tra l'immagine 50% *E Neutro* + 50% *F Neutro* [frame 1] e l'immagine 50% *E Arrabbiato* + 50% *F Arrabbiato* [frame 100].

(gruppo Identità, gruppo Emozioni, e gruppo di Controllo). Solo i partecipanti del gruppo Identità e Emozioni hanno partecipato alla fase di training in cui veniva chiesto loro di svolgere un compito di discriminazione del contrasto (Figura 3.2). I soggetti non sono stati informati che le due facce presentate in ogni trial differivano anche in termini di sottili variazioni (“task-irrelevant feature”) lungo il continuum di morphing dell'identità (gruppo Identità) o lungo il continuum di morphing delle espressioni emotive (gruppo Emozioni). Il training sulla discriminazione del contrasto durava 4 giorni. Il gruppo di

controllo non ha partecipato alla fase di training. (3) Dopo una settimana dal pre-test, le soglie di discriminazione percettiva sono state misurate nuovamente, in tutti e tre i gruppi, per variazioni lungo la dimensione dell'identità facciale e per variazioni lungo la dimensione delle espressioni emotive.



FIGURA 3.2: Disegno sperimentale.

Per confrontare gli effetti dell'apprendimento implicito sulla discriminazione dei volti, è necessario usare variazioni “irrilevanti” dello stimolo che siano commensurabili a livello percettivo per i due gruppi sperimentali (gruppo Identità e gruppo Emozioni). Per questo, attraverso metodi psicofisici, ho selezionato variazioni dello stimolo lungo il continuum dell'identità facciale e lungo il continuum delle espressioni emotive che producevano, per ogni partecipante, equivalenti livelli di prestazione nel compito di discriminazione del pre-test.

In base ai risultati della letteratura precedente, potremmo formulare le seguenti ipotesi. La presenza di emozioni facciali “irrilevanti” potrebbe facilitare l'apprendimento nella discriminazione dei volti (Ipotesi 1). L'apprendimento nella discriminazione dei volti è specifico per la dimensione dello stimolo che viene presentata durante la fase di training (Ipotesi 2).

3.2 Metodo

3.2.1 Partecipanti

Ventisei soggetti (15 femmine; età: 24-45 anni) hanno partecipato volontariamente all'esperimento. Avevano vista normale o con lenti correttive e non conoscevano lo scopo dello studio. Nessuno di loro è mai stato esposto agli stimoli utilizzati in questo esperimento. I partecipanti sono stati assegnati ai gruppi sperimentali (gruppo Identità: $n = 9$, età media = 32.2; gruppo Emozioni: $n = 8$, età media = 35) o gruppo di controllo (n

= 9, età media = 30.5)². L'esperimento è stato svolto con la comprensione e il consenso informato di ogni partecipante. L'esperimento era conforme alle linee guida istituzionali e nazionali per esperimenti con soggetti umani ed è stato condotto in accordo con la Dichiarazione di Helsinki.

3.2.2 Apparato

La presentazione degli stimoli e l'acquisizione dei dati sono state condotte con l'utilizzo di un computer PC (Dell Precision PWS690, Intel Xeon X5355 at 2.66 Ghz, NVIDIA Quadro FX 4600) connesso ad un monitor video a 19 pollici (Philip Brilliance 109P4) che opera a 75 Hz. La presentazione degli stimoli e la registrazione delle risposte è stata effettuata grazie all'ausilio del programma MATLAB (MATLAB, MathWorks Inc., Natick, MA).

3.2.3 Stimoli

Gli stimoli-volto erano immagini statiche create da fotografie di 12 volti femminili. Tutte le immagini sono state convertite in scala di grigi e un'apertura ovale è stata posta sopra ogni faccia. I volti erano allineati verticalmente secondo la posizione della pupilla e orizzontalmente secondo la punta del naso, al centro dell'immagine ovale. Per evitare discriminazioni basate su differenze superficiali, abbiamo controllato che tutte le facce avessero lo stesso colore degli occhi (marrone scuro), la stessa posizione e orientamento (frontale e verticale), e che non c'erano ovvi segni sul volto come nei, capelli, etc. (Rostamirad e coll., 2009). Ogni immagine misurava 280×329 pixels.

La luminosità media di ogni immagine è stata manipolata calcolando la luminosità media delle immagini originali e moltiplicando ogni valore di pixel per una costante, producendo il valore medio di luminosità desiderato. La luminosità media delle immagini è stata impostata a 40 cd/m². Attraverso una simile procedura, il "root-mean-squared (r.m.s.) contrast" (ovvero la deviazione standard dell'intensità dei pixels diviso l'intensità media dei pixels) di ogni immagine è stato posto a 1.21.

Da coppie di immagini-volto, ho creato quattro continui di morphing con il programma Abrosoft FantaMorph (vedi Figura 3.1). Ogni continuum di morphing era formato da 100 immagini tra due facce, alle quali veniva assegnato un valore di 1 o 100. Il valore di ogni immagine indica quindi la distanza da un estremo del continuum.

²Non c'erano differenze statisticamente significative legate all'età nei tre gruppi, $F_{2,23} = 1.08$, $p = .3545$. Inoltre, i tre gruppi non differivano in termini di distribuzione del genere, $\chi^2_2 = 1.93$, $p = .3817$.

Due continua di morphing per l'identità facciale (IC1 e IC2) sono stati creati nel modo così indicato. Da 8 fotografie originali, ognuna che rappresentava una diversa identità femminile con espressione neutra (*A Neutro*, *B Neutro*, *C Neutro*, *D Neutro*, *E Neutro*, *F Neutro*, *G Neutro*, *H Neutro*), ho generato quattro continua di morphing (*AB Neutro*, *CD Neutro*, *EF Neutro*, *GH Neutro*) – Figura 3.3a, riga superiore. Le immagini corrispondenti alla posizione 50 dei quattro continua di morphing (e.g., *50% A Neutro + 50% B Neutro* in Figura 3.3a, riga inferiore) erano gli estremi per i due continua di morphing finali per l'identità. Il continuum di morphing IC1 è stato generato tra *50% A Neutro + 50% B Neutro* e *50% C Neutro + 50% D Neutro* (Figura 3.1a). Il continuum di morphing IC2 è stato generato tra *50% E Neutro + 50% F Neutro* e *50% G Neutro + 50% H Neutro* (Figura 3.1b).

I due continua di morphing per le espressioni facciali (EC1 e EC2) sono stati creati nel modo così indicato. Dalle identità *A* e *B*, ognuna con espressione felice, un continuum di morphing è stato generato tra *A Felice* e *B Felice* (Figura 3.3b, riga superiore); l'immagine *50% A Felice + 50% B Felice* (in Figura 3.3b, riga inferiore) è stata selezionata da questo continuum. Dalle identità *E* e *F*, ognuna con espressione di rabbia, un continuum di morphing è stato generato tra *E Arrabbiato* e *F Arrabbiato*; l'immagine *50% E Arrabbiato + 50% F Arrabbiato* è stata selezionata da questo continuum. Il continuum di morphing EC1 è stato generato tra *50% A Neutro + 50% B Neutro* e *50% A Felice + 50% B Felice* (Figura 3.1c); il continuum di morphing EC2 è stato generato tra *50% E Neutro + 50% F Neutro* e *50% E Arrabbiato + 50% F Arrabbiato* (Figura 3.1d).

In conclusione, ho creato due continua di morphing che rappresentavano cambiamenti di identità (Figura 3.1a, b) e due continua di morphing che rappresentavano cambiamenti di espressione. Di questi ultimi due, un continua rappresentava una faccia che da neutra diventava felice (Figura 3.1c), mentre l'altro rappresentava una faccia che da neutra diventava arrabbiata (Figura 3.1d). Si noti che l'immagine *50% A Neutro + 50% B Neutro* è stato utilizzata come uno degli estremi per entrambe i continua IC1 e EC1 (Figura 3.1a, c); in egual modo, l'immagine *50% E Neutro + 50% F Neutro* è stata utilizzata come uno degli estremi per entrambe i continua IC2 e EC2 (Figura 3.1b, d).

3.2.4 Procedura

3.2.4.1 Pre-training e post-training tests

Nella fase di pre- e post-test, le soglie di discriminazione percettiva sono state misurate con un compito di confronto ritardato, a 2 alternative a scelta forzata (2AFC). Le soglie sono state misurate per variazioni lungo i due continua dell'identità facciale e lungo i

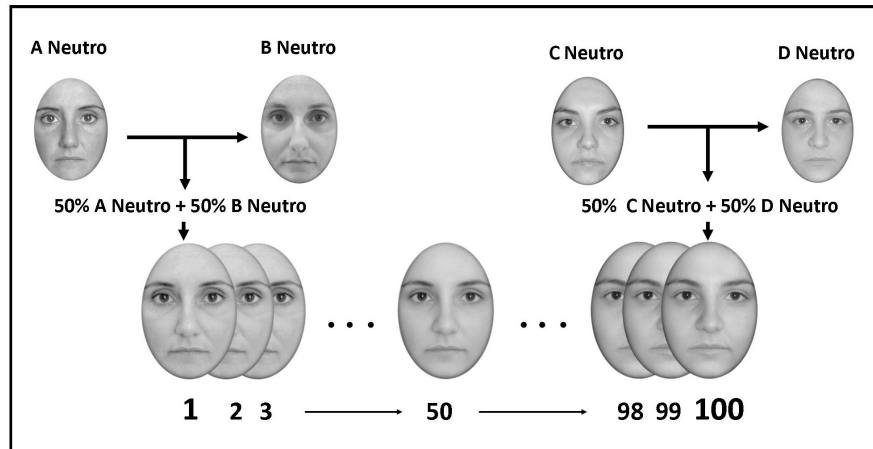
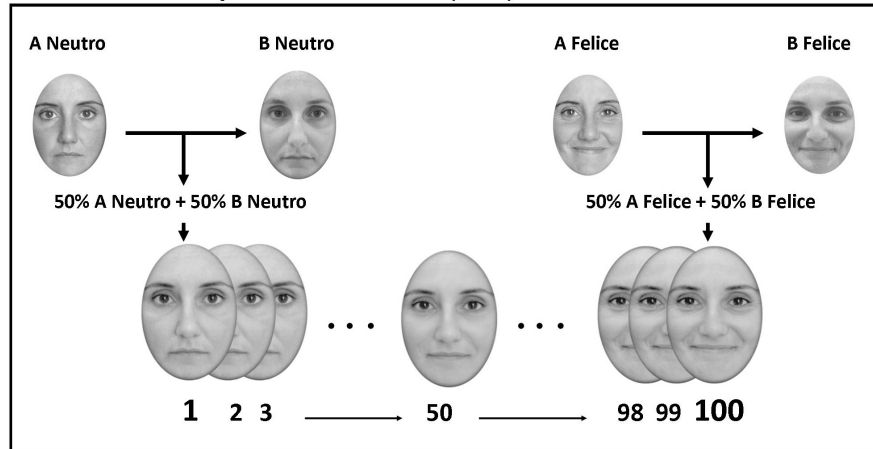
a. Continuum Identità facciale (IC1)**b. Continuum Espressioni emotive (EC1)**

FIGURA 3.3: Procedura usata per generare i quattro continua di morphing utilizzati nello studio. La figura mostra la costruzione dei continua IC1 e EC1. **a.** Il continuum di morphing IC1 tra due identità diverse e con espressione neutra: le immagini 1 ($50\% A \text{ Neutro} + 50\% B \text{ Neutro}$) e 100 ($50\% C \text{ Neutro} + 50\% D \text{ Neutro}$) sono state generate selezionando il frame corrispondente alla posizione 50 del continuum di morphing tra le immagini *A Neutro*, *B Neutro* e *C Neutro*, *D Neutro*, rispettivamente. **b.** Il continuum di morphing Neutro-Felice: le immagini 1 e 100 sono state generate selezionando il frame corrispondente alla posizione 50 del continuum di morphing tra le immagini *A Neutro*, *B Neutro*, and *A Felice*, *B Felice*, rispettivamente.

due continua delle espressioni emotive (Figura 3.4a). Nel caso dei continua dell'identità facciale, ai partecipanti era richiesto di indicare quale tra due volti presentati consecutivamente fosse più simile ad un volto di confronto (ovvero l'immagine 100 di ogni continuum dell'identità). Il volto di confronto veniva mostrata per diversi secondi all'inizio di ogni blocco di trials e poi rimaneva visibile (nel monitor di un altro computer) durante l'esperimento. Lo stesso volto di confronto veniva utilizzato per ogni partecipante e esso non variava durante i trials. Nel caso dei continua per le espressioni emotive, i partecipanti dovevano indicare l'intervallo che conteneva il volto più felice (continuum EC1) o il volto

più arrabbiato (continuum EC2).

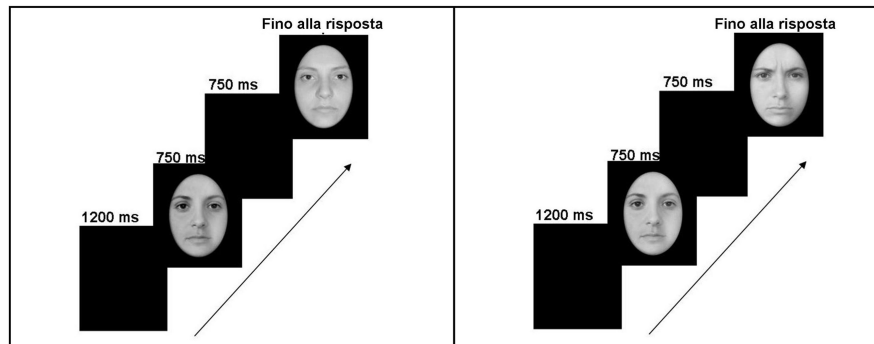
Le soglie di discriminazione sono state misurate per l'82% e il 55% di risposte corrette, per ogni partecipante e per ogni continuum di morphing, utilizzando la procedura QUEST, in 80 trials (Watson & Pelli, 1983) come implementato nel modulo Psychtoolbox di MATLAB (Brainard, 1997; Pelli, 1997). Le soglie erano definite come la quantità di modifica di un volto di riferimento (l'immagine 10 di ogni continuum di morphing), espressa come la distanza lungo il continuum del morphing, necessaria per raggiungere la frequenza di risposte corrette corrispondente al criterio di successo (come indicato nello studio di Oruç & Barton, 2011). Due QUESTs interleaved sono state svolte separatamente per ogni continuum di morphing: una misurava la frequenza di successo del 55% e l'altra misurava la frequenza di successo dell'82%. L'ordine di presentazione delle condizioni veniva controbilanciato tra i partecipanti.

L'esperimento veniva svolto in una stanza semibuia. Gli stimoli venivano presentati sopra uno sfondo nero. Ogni trial iniziava con una schermata vuota per 1200 ms, seguita da un volto presentato centralmente per 750 ms. Dopo una schermata vuota di 750 ms, un altro volto veniva presentato fino alla risposta dei partecipanti. La posizione del secondo volto variava casualmente intorno alla posizione centrale dello schermo per minimizzare effetti di adattamento. Il volto di riferimento e il volto test venivano presentati in ordine casuale nei due intervalli di ogni trial.

a. Pre-training e post-training tests (gruppo Identità, gruppo Emozioni, Controllo)

Discriminazione dei volti lungo la dimensione dell'identità facciale

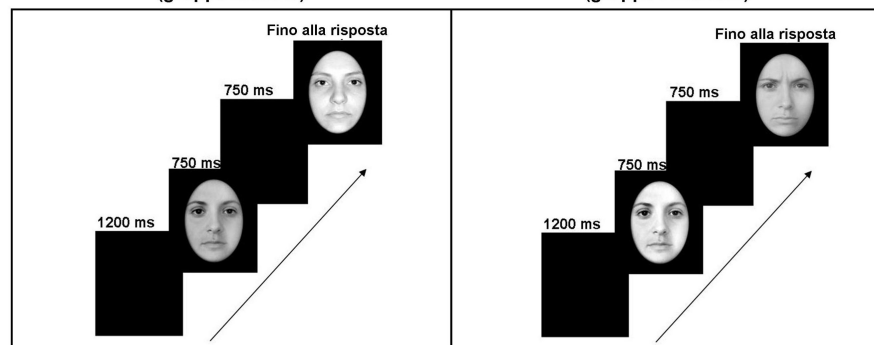
Discriminazione dei volti lungo la dimensione delle espressioni emotive



b. Discriminazione del contrasto

Caratteristica irrilevante: variazioni lungo la dimensione dell'identità facciale (gruppo Identità)

Caratteristica irrilevante: variazioni lungo la dimensione delle espressioni emotive (gruppo Emozioni)



c. Caratteristiche irrilevanti nel compito di discriminazione del contrasto

Variazioni lungo il continuum dell'identità facciale

Variazioni lungo il continuum delle espressioni emotive

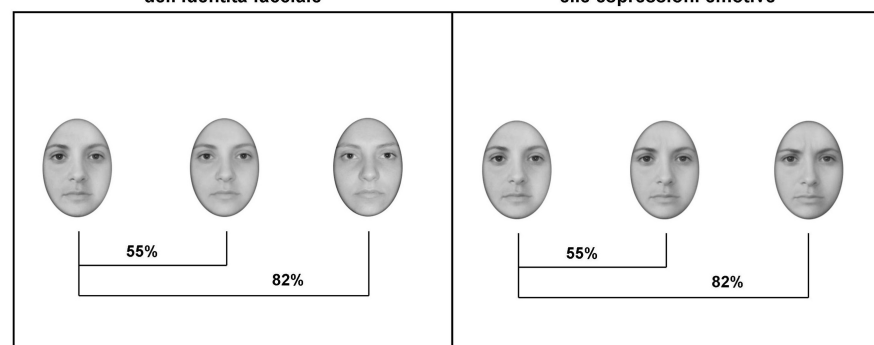


FIGURA 3.4 (*pagina precedente*): Procedura. **a.** Pre-test e Post-test. Pannello di sinistra: I partecipanti indicavano quale di due volti fosse più simile all'immagine 100 del continuum di morphing IC1. Pannello di destra: I partecipanti indicavano quale di due volti aveva l'espressione più arrabbiata. Per il continuum EC1 (non mostrato nella Figura), i partecipanti indicavano quale dei due volti aveva l'espressione più felice. **b.** Fase di training. I partecipanti indicavano quale tra due volti aveva il contrasto più alto. Pannello di sinistra: Una "perturbazione" lungo il continuum dell'identità facciale rappresentava la caratteristica irrilevante per il gruppo Identità. Pannello di destra: Una "perturbazione" lungo il continuum delle espressioni facciali rappresentava la caratteristica irrilevante per il gruppo Espressioni. **c.** Esempi di caratteristiche irrilevanti utilizzate durante il training sul contrasto. Pannello di sinistra: variazioni irrilevanti lungo il continuum dell'identità facciale. Pannello di destra: variazioni irrilevanti lungo il continuum delle espressioni emotive. I cambiamenti delle immagini sotto e a livello di soglia sono stati determinati, per ogni partecipante, per ogni continuum di morphing, nella fase di pre-test dell'esperimento con una procedura di QUEST, con frequenza di successo del 55% e 82%, rispettivamente.

3.2.4.2 Apprendimento implicito

La fase di training consisteva in 4 sessioni successive nell'arco di 4 giorni, all'interno di una settimana. Durante le sessioni di training, i partecipanti dovevano indicare quale di due volti presentati consecutivamente aveva il contrasto più alto (Figura 3.4b). Nessun feedback veniva dato per ogni risposta sbagliata.

Ogni trial iniziava con una schermata vuota (1200 ms) seguita da un volto presentato in posizione centrale (750 ms). Il secondo volto veniva presentato dopo una schermata vuota di 750 ms e rimaneva sullo schermo fino alla risposta dei partecipanti. La posizione del secondo volto veniva variata casualmente intorno alla posizione centrale dello schermo per minimizzare effetti di adattamento. I partecipanti utilizzavano un tasto della tastiera del computer per indicare l'intervallo che conteneva l'immagine del volto con il contrasto più alto.

Le soglie di discriminazione del contrasto (ΔC), definite come la differenza tra un contrasto "piedistallo" e il contrasto modificato, necessario per raggiungere una certa frequenza di risposte corrette, sono state misurate attraverso la procedura QUEST. Il contrasto della faccia presentata in uno dei due intervalli veniva mantenuto costante (contrasto di riferimento), mentre il contrasto dell'altra faccia veniva variato durante i trials. Ogni blocco di training comprendeva quattro QUESTs interleaved. Per due di queste staircases, il contrasto di riferimento (r.m.s. contrast) veniva impostato a 0.89; per le altre due, il contrasto di riferimento era 1.32. Ho utilizzato due contrasti di riferimento diversi per aumentare il livello di incertezza riguardo l'attributo dello stimolo testato e favorire un apprendimento stimolo-guidato (Adini, Wilkonsky, Haspel, Tsodyks & Sagi, 2004). Ogni procedura QUEST determinava la soglia di discriminazione di contrasto che garantiva l'82% di discriminazione corrette dopo 80 trials. In ogni giorno di training, i partecipanti

completavano due blocchi di prove, per un totale di 640 trials, con brevi pause dopo 80 trials. Ogni blocco durava circa 30 minuti.

I partecipanti non erano informati che in ogni trial della staircase venivano presentate anche variazioni “irrilevanti” delle immagini (a livello o sotto la soglia percettiva) lungo il continuum dell'identità facciale (gruppo Identità) o lungo il continuum delle espressioni emotive (gruppo Emozioni)(Figura 3.4c). Le variazioni delle immagini potevano essere a livello o sotto la soglia percettiva perchè diversi studi mostrano che l'apprendimento percettivo è facilitato quando le caratteristiche “irrilevanti” dello stimolo si trovano sotto o vicino alla soglia di discriminazione (Tsushima, Seitz & Watanabe, 2008; Watanabe e coll., 2001; Xiao e coll., 2008).

Per il gruppo Identità, in una delle quattro staircases di ogni blocco di training usate per misurare la discriminazione del contrasto, le caratteristiche “irrilevanti” dello stimolo erano variazioni lungo il continuum IC1 (nel 50% dei trials) o IC2 (nel rimanente 50% dei trials). La grandezza di queste variazioni era uguale, per ogni partecipante, alla distanza lungo il continuum di morphing identificata dalla sua soglia di discriminazione al 55%; il contrasto di riferimento era uguale a 0.89. Nella seconda staircase le caratteristiche “irrilevanti” dello stimolo erano variazioni lungo il continuum IC1/IC2 identificate dalle soglie di discriminazione all'82% dei partecipanti; il contrasto di riferimento era uguale a 0.89. Nella terza staircase le caratteristiche “irrilevanti” dello stimolo erano variazioni lungo il continuum IC1/IC2 identificate dalle soglie di discriminazione all'55% dei partecipanti; il contrasto di riferimento era uguale a 1.32. Nella quarta staircase le caratteristiche “irrilevanti” dello stimolo erano variazioni lungo il continuum IC1/IC2 identificate dalle soglie di discriminazione all'82% dei partecipanti; il contrasto di riferimento era uguale a 1.32.

Per il gruppo Emozioni, in una delle quattro staircases le caratteristiche “irrilevanti” dello stimolo erano variazioni lungo il continuum EC1/EC2, corrispondenti alle soglie di discriminazione al 55% dei partecipanti, il contrasto di riferimento era 0.89. Nella seconda staircase le caratteristiche “irrilevanti” dello stimolo erano variazioni lungo il continuum EC1/EC2 identificate dalle soglie di discriminazione all'82% dei partecipanti; il contrasto di riferimento era uguale a 0.89. Nella terza staircase le caratteristiche “irrilevanti” dello stimolo erano variazioni lungo il continuum EC1/EC2 identificate dalle soglie di discriminazione all'55% dei partecipanti; il contrasto di riferimento era uguale a 1.32. Nella quarta staircase le caratteristiche “irrilevanti” dello stimolo erano variazioni lungo il continuum EC1/EC2 identificate dalle soglie di discriminazione all'82% dei partecipanti; il contrasto di riferimento era uguale a 1.32. Nel gruppo Emozioni, quindi, ad ogni partecipante vengono mostrate variazioni “irrilevanti” sia lungo il continuum neutro-felice che lungo il continuum neutro-arrabbiato.

In totale, in ogni blocco di training ho usato 4 staircases interleaved (2 contrasti di riferimento $\times$ 2 distanze lungo il continuum) per ogni partecipante. Le variazioni “irrilevanti” delle immagini erano specificate da quattro coppie di immagini di volti (2 continua di morphing $\times$ 2 distanze lungo il continuum) per ogni partecipante. Ai soggetti del gruppo Identità venivano mostrate solo variazioni irrilevanti lungo il continuum dell'identità facciale e ai soggetti del gruppo Emozioni venivano presentate solo variazioni lungo la dimensione delle espressioni emotive.

3.3 Risultati

3.3.1 Effetti dell'apprendimento implicito sulla discriminazione dei volti

I rapporti tra le soglie di discriminazione (soglia misurata al post-test diviso per la soglia misurata al pre-test) sono stati calcolati per ogni partecipante in ogni condizione. La mancanza di apprendimento determina un rapporto della soglia di 1; un miglioramento della discriminazione è indicato da rapporti della soglia tra 0 e 1; prestazioni peggiori nel post-test rispetto al pre-test sono indicate da rapporti della soglia maggiori di 1. I risultati sono mostrati nella Figura 3.5.

I rapporti della soglia sono stati analizzati attraverso modelli a effetti misti³ con Gruppo (Identità, Emozioni, Controllo), Dimensione del volto da discriminare (identità o espressioni emotive) e Livello di prestazione (soglie misurate con frequenza di successo del 55% o del 82%) come effetti fissi, con intercette casuali soggetto-specifiche e pendenze casuali soggetto-specifiche per gli effetti di Dimensione del volto e Livello di prestazione (Barr, Levy, Scheepers & Tily, 2013; Caudek, 2013). L'effetto del Gruppo era statisticamente significativo, $\chi^2_2 = 9.03$, $p = .0109$. Per il gruppo Emozioni, ho trovato un miglioramento nella discriminazione dei volti, $t_{35.69} = -2.73$, $p = .0097$, il rapporto della soglia era diminuito di circa il $12.5\% \pm 4.6$ (errore standard). Al contrario, non ho trovato effetti di apprendimento per il gruppo Identità ($t_{35.69} = 1.02$, $p = .3128$) e per il gruppo di Controllo ($t_{35.69} = 0.83$, $p = .4105$). Le variabili Dimensione del volto da discriminare e Livello di prestazione, insieme alle loro interazioni l'una con l'altra e con la variabile Gruppo, non erano statisticamente significative, $\chi^2_9 = 4.77$, $p = .8538$.

³I modelli sono stati fittati utilizzando la Massima Verosimiglianza Ristretta (REML). Ho usato R (R Core Team, 2013), lme4 (Bates, Maechler, Bolker & Walker, 2014), e lmerTest (Kuznetsova, Brockhoff & Christensen, 2014). I p -valore sono stati stimati con il test del rapporto di verosimiglianza del modello completo con l'effetto in questione contro il modello senza l'effetto in questione e utilizzando le approssimazioni dei gradi di libertà di Satterthwaite e Kenward-Roger (KR) (vedi anche Caudek, 2014; Caudek & Domini, 2013; Caudek & Monni, 2013).

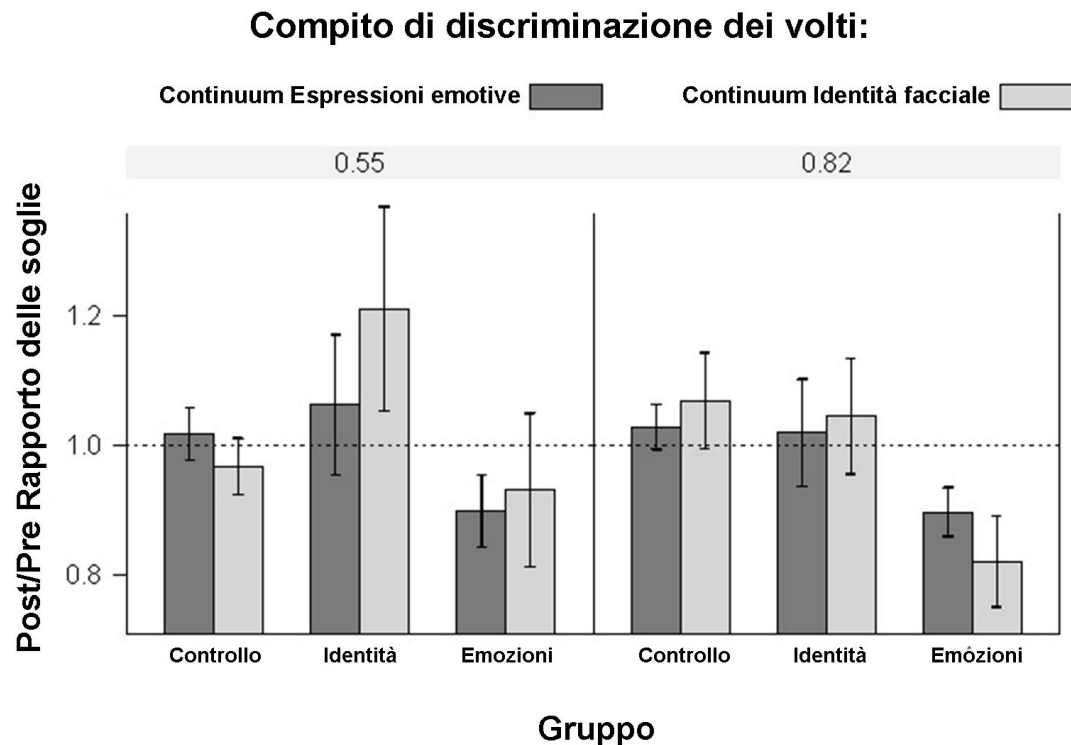


FIGURA 3.5: Media dei rapporti della soglia (soglie misurate al post-test diviso soglie misurate al pre-test) per il compito di discriminazione dei volti, in funzione del gruppo. Durante il training, il gruppo Identità è stato esposto a variazioni irrilevanti lungo la dimensione dell'identità facciale e il gruppo Emozioni è stato esposto a variazioni irrilevanti lungo la dimensione delle espressioni emotive. Il gruppo di Controllo non è stato esposto a nessuna fase di training. Le barre scure e chiare indicano i risultati ottenuti quando i partecipanti sono stati testati lungo la dimensione delle espressioni emotive e dell'identità facciale, rispettivamente. Le soglie di discriminazione percettiva sono state misurate con la procedura QUEST per frequenze di successo del 55% (pannello di sinistra) e 82% (pannello di destra). Le barre di errore indicano l'errore standard della media.

Ho anche valutato se, nel nostro campione, la quantità di apprendimento percettivo fosse modulata dall'età (vedi, ad esempio, Chang et al., 2015). Effetti potenziali dell'età sono stati studiati aggiungendo la variabile Età come covariata nel precedente modello a effetti misti, insieme con il termine di interazione tra Età e Gruppo. Né l'effetto di Età e neppure l'interazione Età×Gruppo sono risultati statisticamente significativi, $\chi^2_3 = 2.07$, $p = .5582$. Un potenziale effetto del genere è stato valutato nella stessa maniera. L'effetto di Genere e l'interazione Genere×Gruppo non sono risultati statisticamente significativi, $\chi^2_3 = 0.74$, $p = .8628$.

Infine, ho esaminato la prestazione nella discriminazione di variazioni dei volti lungo il continuum neutro-felice e neutro-arrabbiato. Non ho trovato evidenza di un effetto della valenza del continuum sul rapporto della soglia, $\chi^2_2 = 0.42$, $p = .8093$ (vedi Tabella 3.1).

Continuum di morphing	Gruppo	Rapporto delle soglie	<i>S.E.</i>
Neutro-Arrabbiato	Identità	1.06	0.11
Neutro-Arrabbiato	Emozioni	0.90	0.07
Neutro-Felice	Identità	1.02	0.13
Neutral-Felice	Emozioni	0.90	0.03

TABELLA 3.1: Media dei rapporti delle soglie in funzione del gruppo (training con variazioni irrilevanti lungo la dimensione delle espressioni emotive e lungo la dimensione dell'identità facciale) e del continuum di morphing

3.3.2 Apprendimento nella discriminazione del contrasto

La prestazione nella discriminazione del contrasto durante la fase di training è mostrata nella Figura 3.6. Le soglie di discriminazione del contrasto sono state analizzate utilizzando un modello a effetti misti autoregressivo con $\log(\text{Giorno})$, Contrasto di riferimento, e la loro interazione come effetti fissi, con intercette casuali soggetto-specifiche e pendenze casuali soggetto-specifiche per gli effetti di Contrasto di riferimento e Giorno. L'effetto principale di $(\log)\text{Giorno}$ è risultato statisticamente significativo, $\chi^2_1 = 7.10$, $p = .0077$, indicando un miglioramento della prestazione durante i quattro giorni di pratica. Nè l'effetto di Contrasto di riferimento, $\chi^2_1 = 0.18$, $p = .6713$, e neppure l'interazione tra Contrasto di riferimento $\times \log(\text{Giorno})$, $\chi^2_1 = 1.22$, $p = .2689$, sono risultati statisticamente significativi. L'apprendimento nella discriminazione del contrasto non era influenzato dalla grandezza della variazione delle caratteristiche “irrilevanti” (Table 3.2) e neppure dal fatto che venivano mostrate variazioni dei volti lungo il continuum dell'identità facciale o lungo il continuum delle espressioni emotive, $p = .94$.

Giorno	Soglie di discriminazione del contrasto (caratteristiche irrilevanti livello sotto-soglia)	Soglie di discriminazione del contrasto (caratteristiche irrilevanti livello a soglia)
1	0.0455 (0.003)	0.0464 (0.003)
2	0.0408 (0.003)	0.0424 (0.002)
3	0.0411 (0.003)	0.0388 (0.003)
4	0.0407 (0.002)	0.0402 (0.003)

TABELLA 3.2: Soglie di discriminazione del contrasto in funzione del giorno di training. Le ultime due colonne della tabella mostrano le soglie di discriminazione del contrasto misurate quando le caratteristiche irrilevanti erano variazioni sotto-soglia (55% di risposte corrette) e a soglia (82% di risposte corrette) lungo il continuum di morphing. Gli errori standard della media sono riportati tra parentesi.

3.3.3 Differenze individuali nell'apprendimento percettivo

In un'ulteriore analisi, ho esaminato se i miglioramenti nella discriminazione dei volti fossero associati con i miglioramenti nella discriminazione del contrasto. L'apprendimento nella discriminazione dei volti è stato quantificato, per ogni partecipante, dal rapporto tra

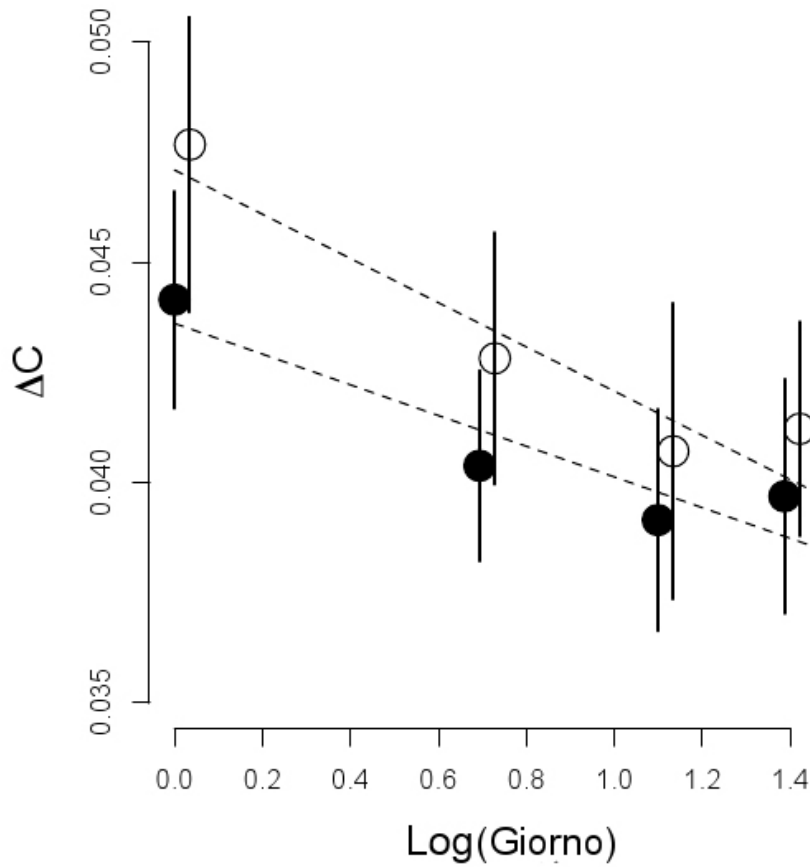


FIGURA 3.6: Traiettorie di apprendimento per il compito di discriminazione del contrasto. Le soglie di discriminazione del contrasto (ΔC) sono state plottate in funzione del (log) dei giorni di training, per contrasti di riferimento (r.m.s.) di 1.32 (pallini pieni) e 0.89 (pallini vuoti). Le barre di errore indicano l'errore standard della media.

le soglie di discriminazione misurate nel post-test e le soglie di discriminazione misurate nel pre-test. L'apprendimento nella discriminazione del contrasto è stato quantificato, per ogni partecipante, dalla pendenza della relazione lineare tra le sue soglie di discriminazione del contrasto (ΔC) e il (log) Giorno. I dati sono mostrati nella Figura 3.7. Un modello a effetti misti con Apprendimento nella discriminazione dei volti come variabile risposta, Apprendimento nella discriminazione del contrasto, Gruppo (Identità o Emozioni) e Dimensione del volto da discriminare (Identità o Espressioni) come effetti fissi e con intercette random specifiche per soggetto e pendenze random specifiche per soggetto per gli effetti di Dimensione del volto da discriminare, ha indicato una interazione significativa tra Apprendimento nella discriminazione del contrasto e Dimensione del volto da discriminare, $\chi^2_1 = 7.44$, $p = .0063$. L'effetto principale di Gruppo è significativo, $\chi^2_2 = 4.30$, $p = .0381$. Nessuna delle altre interazioni è risultata statisticamente significativa, $\chi^2_4 = 4.38$, $p = .3573$. La correlazione tra Apprendimento nella discriminazione dei volti e Apprendimento nella discriminazione del contrasto è uguale a $r = .61$, $p = .0087$ e r

$= .13$, $p = .6230$, per i continua dell'identità facciale e per i continua delle espressioni emotive, rispettivamente.

3.3.4 Discussione

Mi sono chiesta se potesse verificarsi un apprendimento implicito nella discriminazione dei volti se, durante un training sulla discriminazione del contrasto tra immagini, i partecipanti venissero esposti a variazioni “irrilevanti” dell'immagine lungo la dimensione dell'identità facciale (gruppo Identità) o lungo la dimensione dell'espressione emotiva (gruppo Emozioni). Ho trovato un miglioramento nella discriminazione dei volti dopo il training per il gruppo Emozioni, nessun miglioramento è stato trovato per il gruppo Identità e neppure nel gruppo di Controllo. Questo indica che la valenza emotiva delle caratteristiche del volto, seppur non elaborata in maniera esplicita, ha favorito un apprendimento implicito nella discriminazione dei volti. Un risultato interessante è che ho trovato una generalizzazione dell'apprendimento. I partecipanti nel gruppo Emozioni hanno mostrato apprendimento quando venivano testati sia nella discriminazione di variazioni dell'immagine lungo il continuum delle espressioni emotive *sia* quando venivano testati per variazioni lungo il continuum dell'identità facciale, anche se queste variazioni dello stimolo non sono state mostrate a questo gruppo di partecipanti durante il training.

I risultati presentati nella Figura 3.5 sembrano suggerire che, per il gruppo Identità, il training abbia prodotto un *decremento* della prestazione nella discriminazione dei volti, quando i partecipanti sono stati testati per variazioni dello stimolo lungo il continuum dell'identità facciale. Questo risultato confermerebbe l'idea che fasi di training con set di identità individuali producono effetti di categorizzazione che portano ad un decremento nella discriminabilità lungo dimensioni irrilevanti dello stimolo (“equivalenza acquisita” – vedi Caudek, 2013; Gureckis & Goldstone, 2008; vedi Capitolo 1-2). Tuttavia, questo effetto non raggiunge la significatività statistica, possibilmente a causa della mancanza di potenza⁴.

Sarebbe interessante sapere se i partecipanti, durante il training nella discriminazione del contrasto, erano consapevoli delle variazioni dello stimolo lungo la dimensione delle espressioni emotive e lungo la dimensione dell'identità facciale. In interviste informali

⁴Sebbene la dimensione del campione del presente esperimento è comune nelle ricerche sull'apprendimento percettivo (Huang & Watanabe, 2012; Seitz & Watanabe, 2003; Tsushima, Seitz & Watanabe, 2008; Watanabe e coll., 2001; Watanabe e coll., 2002), questo studio potrebbe non avere potenza statistica per alcuni effetti del disegno sperimentale. Un modello a effetti misti considerando solo le condizioni che corrispondono alle barre bianche del pannello di sinistra della Figura 3.5 indica che, per il gruppo Identità, il rapporto della soglia aumenta di circa il $21\% \pm 11.5$ (errore standard), ma questo effetto non raggiunge la significatività statistica, $t_{23} = 1.84$, $p = .0785$. Nonostante i risultati di questo test statistico, questo effetto (o la mancanza di effetto) riguardante il gruppo Identità non influenza le conclusioni principali del presente studio, ovvero che l'informazione riguardante l'espressione emotiva facilita apprendimento nella discriminazione dei volti per il gruppo Emozioni.

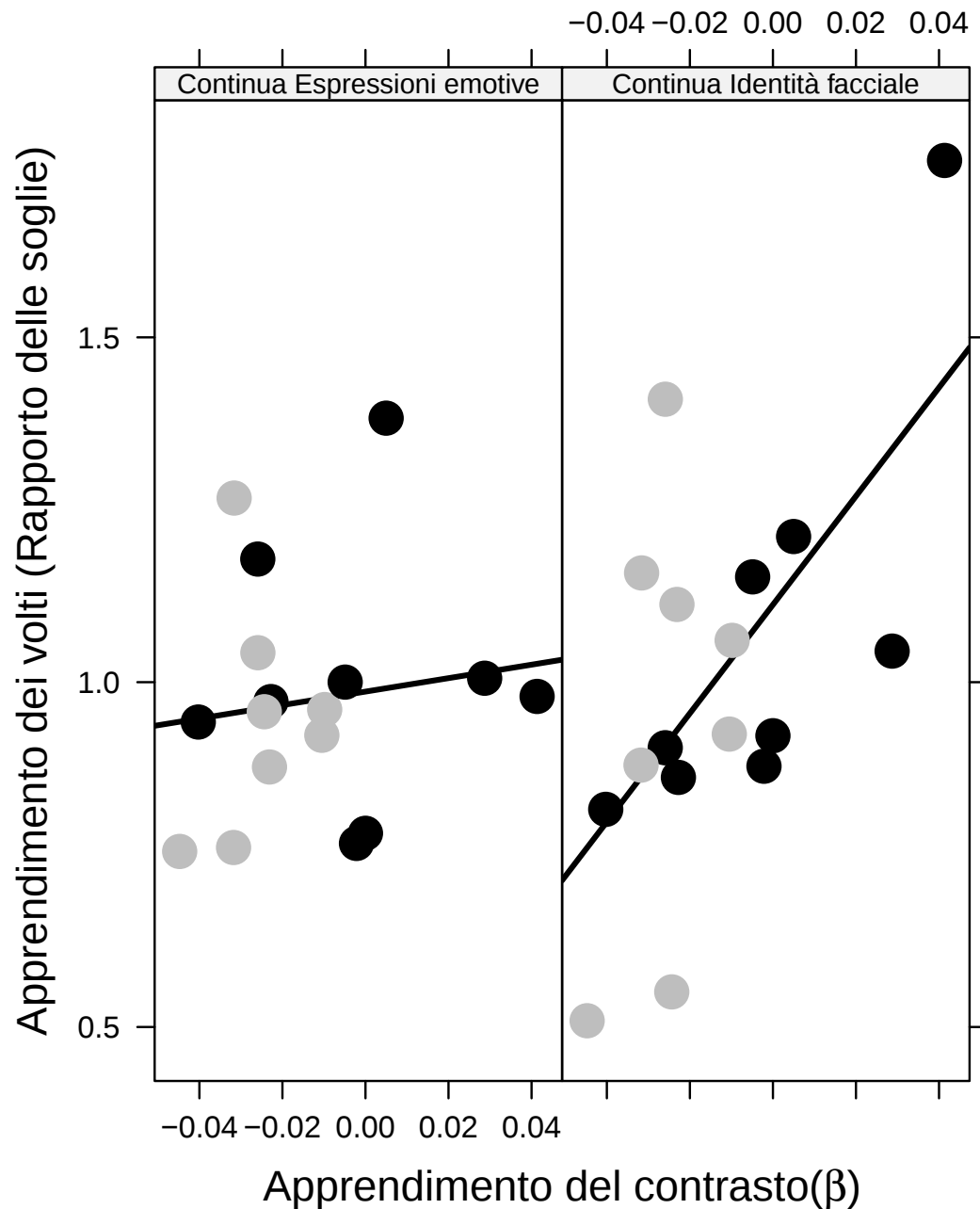


FIGURA 3.7: Apprendimento nella discriminazione dei volti in funzione dell'apprendimento del contrasto. L'apprendimento nella discriminazione dei volti è stato misurato, per ogni partecipante, come il rapporto tra le soglie misurate al post-test e le soglie misurate al pre-test. L'apprendimento del contrasto è stato quantificato, per ogni partecipante, come la pendenza della relazione lineare tra le soglie di discriminazione del contrasto (ΔC) e il logaritmo del Giorno. Punti grigi: gruppo Emozioni; punti neri: gruppo Identità. Pannello di sinistra: giudizi di discriminazione per variazioni lungo i continua delle espressioni facciali; pannello di destra: giudizi di discriminazione per variazioni lungo i continua dell'identità facciale.

condotte alla fine dell'esperimento, nessuno dei partecipanti ha riportato di essere consapevole di altre variazioni dello stimolo, oltre alla variazione di contrasto dell'immagine. Anche se nel presente esperimento il grado di consapevolezza sulle caratteristiche "irrilevanti" dei volti presentate durante il training non è stato misurato in maniera sistematica, le risposte informali dei partecipanti supportano l'idea che l'apprendimento sia avvenuto in maniera implicita.

Ho trovato anche un miglioramento nella discriminazione del contrasto, che potrebbe indicare che quattro sessioni di training sono sufficienti per determinare apprendimento percettivo nel dominio del contrasto. E' importante notare che, per il compito riguardante la discriminazione lungo i continui dell'identità facciale, i partecipanti che mostravano un maggiore apprendimento nella discriminazione del contrasto hanno mostrato anche un maggior miglioramento nella discriminazione dei volti.

3.4 Discussione generale

Ho studiato gli effetti di un apprendimento implicito sulla capacità di discriminare volti. Dopo quattro sessioni di training, la sensibilità nella discriminazione dei volti migliorava. Questo miglioramento avveniva in maniera implicita perché, durante il training, i partecipanti svolgevano un compito di discriminazione del contrasto, in cui non era richiesta un'elaborazione esplicita delle caratteristiche facciali. Tuttavia, la sensibilità nella discriminazione dei volti migliorava solo per quel gruppo di partecipanti che, durante il training, erano esposti a variazioni "irrilevanti" dello stimolo lungo la dimensione delle espressioni emotive: nessun miglioramento è stato trovato per quei partecipanti che, durante il training, erano esposti a variazioni "irrilevanti" dello stimolo lungo la dimensione dell'identità facciale e neppure per i partecipanti del gruppo di controllo (che non erano stati esposti alla fase di training). Questi risultati supportano l'Ipotesi 1 nell'Introduzione.

Un aspetto interessante dei risultati di questa ricerca è che il gruppo Emozioni ha mostrato un miglioramento anche nella discriminazione di variazioni lungo la dimensione dell'identità facciale, anche se queste caratteristiche non erano mai state presentate durante il training. E' noto che il VPL è caratterizzato da un alto grado di specificità: il miglioramento della prestazione di solito si osserva solo per le caratteristiche dello stimolo che vengono presentate durante il training (Sasaki e coll., 2010). La presente mancanza di specificità potrebbe quindi sembrare sorprendente.

Harris, Gliksberg e Sagi (2012) hanno proposto che la generalizzazione dell'apprendimento percettivo potrebbe essere ostacolata dall'adattamento sensoriale durante il training.

Nel nostro esperimento, l'adattamento sensoriale è stato ridotto perchè gli stimoli che presentavamo venivano mostrati in posizioni casuali sullo schermo durante la fase di training⁵. Questa caratteristica del nostro disegno sperimentale potrebbe aver contribuito alla generalizzazione dell'apprendimento percettivo. La presente mancanza di specificità potrebbe anche dipendere dall'utilizzo di volti appartenenti alle stesse persone per il compito di discriminazione dei volti (discriminazione di variazioni dell'identità facciale e discriminazione di variazioni delle espressioni emotive) e per la fase di training⁶. In queste circostanze, il miglioramento della sensibilità nella discriminazione di caratteristiche facciali che non sono state presentate durante il training suggerisce che i partecipanti potrebbero aver imparato una rappresentazione più generale dei volti, piuttosto che imparare a discriminare tra le singole immagini che venivano presentate loro durante il training. Questo risultato non supporta l'Ipotesi 2 nell'Introduzione e suggerisce che l'apprendimento percettivo per i volti potrebbe essere caratterizzato da un grado più alto di generalizzabilità in confronto all'apprendimento percettivo per altre classi di stimoli.

Ciò che rimane da chiarire è quale sia il meccanismo che determina l'effetto delle emozioni sull'apprendimento. Una possibile spiegazione di questo effetto è suggerita dall'ipotesi dell' "emotional tagging" (Richter-Levin & Akirav; 2003). Questo meccanismo propone che l'arousal causato da un'esperienza emotiva "tagga" un evento saliente e facilita il suo consolidamento in memoria. In questo processo ha un ruolo determinante l'amigdala, la quale "marca" un'esperienza emotiva come importante, rafforzando le sinapsi dei neuroni dei sistemi di memoria che sono stati attivati durante la fase di apprendimento. I volti con espressione emotiva possono determinare un'esperienza emotiva. In accordo con questa idea, Jackson, Linden e Raymond (2014) hanno trovato che il riconoscimento dei volti migliora se le emozioni sono presenti durante la fase di codifica; il miglioramento nel riconoscimento dei volti, invece, non richiede la presenza di emozioni durante il recupero. Il presente studio contribuisce a questa letteratura mostrando che, almeno per le condizioni degli stimoli esaminate nel presente esperimento, un arousal emotivo può anche facilitare l'apprendimento nella discriminazione dei volti.

Una spiegazione diversa invece deriva da alcuni studi che suggeriscono che il training con espressioni facciali può ottimizzare le strategie di visione dei partecipanti. Lo studio di Pollux, Hall, & Guo (2014) mostra che dopo una fase di training in cui ai partecipanti era richiesto di categorizzare le espressioni emotive di un volto, i partecipanti modificano le loro strategie di visione, indirizzando lo sguardo soprattutto verso la zona degli occhi del volto. Questo potrebbe migliorare l'estrazione di quelle caratteristiche facciali

⁵In ogni trial della fase di training, due immagini venivano presentate in rapida successione. La prima immagine era presentata nel centro dello schermo, mentre la posizione della seconda immagine veniva variata (per ogni trial) in maniera casuale intorno alla posizione centrale.

⁶Anche se ho utilizzato immagini di volti create con la tecnica del morphing, questa frase è giustificata dal fatto che le manipolazioni dello stimolo erano variazioni sotto o a livello di soglia percettiva.

che sono utili per la discriminazione. I partecipanti a questo studio, infatti, presentano miglioramenti nell'accuratezza della categorizzazione dopo questa fase di training. Altri studi mostrano che indirizzare lo sguardo verso gli occhi del volto facilita anche l'estrazione di indizi visivi utili per discriminare volti con diversa identità (Heisz & Shore, 2008). Cambiamenti nelle strategie di visione potrebbero quindi riflettere una strategia di apprendimento che migliora l'elaborazione dei volti in generale.

E' anche possibile che gli stimoli che ho usato siano particolarmente adatti per supportare un apprendimento percettivo implicito. Durante il training, infatti, i partecipanti sono stati esposti solo a sottili "perturbazioni" di volti con orientamento costante. Rimane ancora da capire se la discriminazione dei volti potrebbe migliorare, se, durante il training, i volti variassero lungo dimensioni che non sono testate nelle fasi di pre- e post-test, come ad esempio, un cambiamento dell'orientamento.

Molti studi hanno mostrato che le espressioni facciali minacciose (come ad esempio, la rabbia o la paura) catturano l'attenzione e migliorano i processi sensoriali e di memoria maggiormente rispetto ad espressioni facciali non minacciose (Ceccarini & Caudek, 2013; Jackson e coll., 2014; Phelps, Ling & Carrasco, 2006). Quindi, ci potremmo aspettare che un training con variazioni dei volti lungo il continuum neutro-arrabbiato faciliti maggiormente l'apprendimento rispetto ad un training con variazioni lungo il continuum neutro-felice. Come abbiamo visto nell'introduzione, studi sull'apprendimento hanno rilevato che l'arousal causato da emozioni positive facilita sistemi di apprendimento del prototipo mediati da rappresentazioni percettive, e ostacola sistemi di apprendimento legati alla memoria dichiarativa, mentre un arousal negativo inverte questo pattern (Gorlick, & Maddox, 2013). In generale, ci potremmo quindi aspettare che gli effetti dell'apprendimento implicito sulla discriminazione dei volti siano modulati dalla valenza emotiva delle caratteristiche "irrilevanti". Il design di questo esperimento, tuttavia, non permette di testare questa ipotesi. Infatti, durante il training, il gruppo Emozioni è stato esposto a variazioni dello stimolo lungo sia il continuum neutro-arrabbiato che neutro-felice. In queste circostanze, la prestazione dei partecipanti misurata nel post-test, non differisce quando essi vengono testati per il continuum neutro-arrabbiato o per il continuum neutro-felice (vedi Tabella 3.1).

Sebbene sia un risultato marginale considerando l'obiettivo di questo studio, è interessante notare che i partecipanti mostravano anche un apprendimento nella discriminazione del contrasto. Nella letteratura sull'apprendimento percettivo non c'è un consenso generale sul fatto che la discriminazione del contrasto può migliorare durante lo sviluppo (Phan & Ni, 2011). Alcuni studi hanno riportato che, in specifiche condizioni di training, la discriminazione del contrasto migliora negli adulti e negli animali (Chen, Sanayei & Thiele, 2013; Zhang e coll., 2010). Tuttavia, l'apprendimento nella discriminazione del

contrasto è altamente specifico per il livelli di contrasto utilizzati durante il training (Adini, Sagi & Tsodyks, 2002; Adini e coll., 2004) e può essere osservato solo dopo una fase di training molto lunga (Yu e coll., 2004). Il fatto che la sensibilità nella discriminazione del contrasto migliora nel corso del nostro esperimento può indicare che la quantità di training che ho usato nel presente studio era sufficiente per produrre cambiamenti sensoriali. Questo supporta l'idea che le condizioni sperimentali erano adeguate per studiare l'apprendimento nella discriminazione dei volti.

Ho anche trovato differenze individuali nell'apprendimento sebbene le condizioni iniziali di apprendimento fossero identiche. Sia nel gruppo Emozioni che nel gruppo Identità, ho trovato che i partecipanti che mostravano un miglioramento maggiore nella discriminazione del contrasto tendevano anche a mostrare miglioramenti più grandi nella discriminazione dei volti. Questa associazione positiva è stata trovata, però, solo per l'apprendimento nella discriminazione di variazioni lungo i continui dell'identità facciale, ma non è stata trovata per discriminazioni lungo i continui delle espressioni facciali. Alcuni studi hanno mostrato che la discriminazione dell'identità di un volto dipende dalle caratteristiche del contrasto dell'immagine e da indizi visivi riguardanti la forma della faccia, mentre la percezione dell'espressione di un volto è influenzata maggiormente da indizi visivi riguardanti la forma che sono indicativi, ad esempio, dei movimenti dei muscoli facciali, ma è meno influenzata da caratteristiche riguardanti la texture dell'immagine (Bruce & Langton, 1994; White, 2001; Burton, Jenkins, Hancock, & White, 2005; Russell, Sinha, Biederman, & Nederhouser, 2006; Pallet & Meng, 2013; Harris, Young, & Andrews, 2014). Ad esempio, Harris e coll. (2014) hanno trovato che "l'inversione del contrasto" (fenomeno per cui si invertono le zone di luce e di ombra di un'immagine) influenza giudizi percettivi riguardanti l'identità facciale, ma non giudizi percettivi riguardanti le espressioni facciali. I risultati di questa ricerca sono in accordo con quanto già trovato in letteratura, mostrando che l'apprendimento nella discriminazione del contrasto è associato con la discriminazione dell'identità di un volto, mentre non è presente nessuna associazione tra apprendimento nella discriminazione del contrasto e apprendimento delle emozioni facciali. I risultati confermano l'ipotesi per cui l'analisi del contrasto di un'immagine gioca un ruolo diverso nell'elaborazione dell'identità e delle espressioni facciali.

3.4.1 Conclusioni

E' ormai noto che le espressioni facciali emotive influenzano la memoria di riconoscimento dei volti (D'Argembeau & Van der Linden, 2007; Jackson e coll., 2014). Il presente studio estende questi risultati mostrando l'importanza delle emozioni nell'apprendimento per la discriminazione dei volti. I risultati di questa ricerca mostrano che l'apprendimento

nella discriminazione dei volti può avvenire anche in assenza di un'attenzione esplicita verso i volti, ma solo quando le caratteristiche “irrilevanti” dei volti hanno un contenuto emotivo.

Capitolo 4

La precisione del ricordo di volti con valenza emotiva

Molti studi mostrano l'influenza delle emozioni sui nostri processi di memoria. I volti con le loro diverse espressioni facciali possono generare informazione emotiva. La superiorità di volti emotivi su volti neutri è stata rilevata in compiti percettivi, ma anche in compiti di memoria. Recentemente, alcuni studi hanno proposto che variazioni nelle prestazioni di memoria riflettono la precisione con cui gli stimoli sono ricordati (Bays & Husain, 2008). Questo vantaggio dei volti emotivi potrebbe dipendere, quindi, dal fatto che essi sono rappresentati con più precisione in memoria? In questo capitolo discuterò i risultati di uno studio che ha mostrato, invece, come le emozioni possono ostacolare, in certe condizioni, il nostro ricordo di un volto.

4.1 Introduzione

L'essere umano presenta una naturale tendenza ad attribuire valore agli eventi del mondo (Friston, Tononi, Reeke Jr, Sporns, & Edelman, 1994). Essere in grado di percepire se un determinato evento è più o meno desiderabile è indispensabile per guidare il nostro comportamento futuro. Le emozioni sono parte di questa funzione dell'organismo perché ci danno informazioni sul valore di un evento (Dolan, 2002). Le emozioni esercitano una particolare importanza nell'esperienza umana, infatti sono alla base delle relazioni umane, ma influenzano anche la ragione, condizionando le nostre credenze. Visto il loro ruolo per il nostro organismo, non è sorprendente che le emozioni esercitino una particolare influenza sui nostri processi cognitivi.

Recenti ricerche che hanno utilizzato metodi comportamentali, di neuroimaging o studi su pazienti con danni cerebrali, hanno evidenziato che le emozioni influenzano processi cognitivi a basso (percettivi) e alto livello (mnemonici ed esecutivi) e i loro effetti possono essere benefici o dannosi (Dolcos & Denkova, 2014). Ci sono evidenze di una migliore elaborazione percettiva degli stimoli emotivi, dovuta al fatto che catturano maggiormente l'attenzione rispetto agli stimoli neutri (Ohman, Lundqvist, & Esteves, 2001; Pourtois, Grandjean, Sander, & Vuilleumier, 2004). Questa privilegiata elaborazione può determinare una miglior codifica e un miglior ricordo per gli stimoli emotivi (Kensinger, & Schacter, 2005; Kensinger, & Schacter, 2006; Ritchey, Dolcos, & Cabeza, 2008). Altri studi, invece, evidenziano come la presenza di informazione emotiva irrilevante può aumentare la distrazione, ostacolando i processi cognitivi impegnati nell'esecuzione di un determinato compito (Iordan, Dolcos, & Dolcos, 2013).

Un settore della ricerca in cui l'influenza delle emozioni viene particolarmente studiata è quello del riconoscimento dei volti. Il volto, attraverso le espressioni facciali, ci consente di trasmettere informazioni riguardo ai nostri stati emotivi e a sua volta ci da informazioni sugli stati d'animo del nostro interlocutore. Molti studi mostrano come la presenza di informazione emotiva può influenzare l'elaborazione dei volti. Volti che hanno una valenza emotiva vengono più facilmente individuati e ricordati rispetto volti con espressione neutra (Ceccarini & Caudek, 2013; Jackson e coll., 2009; 2014). D'altra parte, la presentazione di volti emotivi, irrilevanti per il compito da svolgere, può esercitare una maggior distrazione rispetto alla presentazione di volti neutri e ostacolare maggiormente le nostre prestazioni in un compito (Hodsoll, Viding, & Lavie, 2011). Trovarsi in un particolare stato emotivo può ostacolare o migliorare l'elaborazione di un volto (Curby, Johnson, & Tyson, 2012).

Un modello influente in letteratura ha proposto l'esistenza di sistemi separati che si occupano dell'analisi delle informazioni emotive di un volto e dell'informazioni che riguardano

attributi invarianti della faccia, come l'identità e il genere (Bruce & Young, 1986; Haxby e coll., 2000). Molte evidenze si sono raccolte nel campo delle neuroimaging sull'esistenza di questa dissociazione (es. Andrews & Ewbank, 2004; Winston, Henson, Fine-Goulden, & Dolan, 2004; Neta & Whalen, 2011), anche se recentemente alcuni studi mostrano come possano esistere aree cerebrali comuni che si occupano dell'analisi di questi attributi facciali (LoPresti e coll., 2008; Röder, Mohr, & Linden, 2011; Xu & Biedermann, 2010;). Mentre studi comportamentali hanno indagato soprattutto differenze nell'elaborazione percettiva dell'identità e delle espressioni emotive di un volto (Schweinberger & Soukup, 1998; Fox e coll., 2008; Karnadewi, & Lipp, 2011), pochi sono stati gli studi che hanno valutato l'esistenza di differenze nei processi di memoria (Bankó e coll., 2009).

Lo scopo di questa ricerca è stato appunto quello di valutare, con una nuova metodologia, se esistono differenze nell'accuratezza della memoria per attributi facciali che riguardano l'identità di un volto oppure le sue espressioni emotive. Inoltre, vista l'influenza delle emozioni sui nostri processi cognitivi, ho valutato se la precisione della memoria variesse all'aumentare dell'intensità emotiva del volto.

4.1.1 La memoria per le espressioni facciali

Molti studi in letteratura hanno indagato se la memoria per i volti fosse influenzata dalla loro valenza emotiva. Jackson e coll. (2009), ad esempio, hanno individuato che la capacità della memoria visiva a breve termine è maggiore per volti con espressione di rabbia, rispetto a volti felici o neutri, anche quando il compito non richiede esplicitamente l'elaborazione del contenuto emotivo del volto. In una ricerca successiva, Jackson e coll. (2014) hanno inoltre rilevato che le espressioni di minaccia migliorano la memoria di lavoro per l'identità di un volto quando esse sono presenti durante la fase di codifica dello stimolo e che la presenza di informazione minacciosa durante il recupero non è necessaria per produrre questo specifico miglioramento della memoria. Sessa, Luria, Gotler, Jolicoeur, & Dell'Acqua (2011), registrando i potenziali evocati visivi, hanno trovato un miglioramento nei processi di mantenimento nella memoria visiva di lavoro per volti con espressione di paura rispetto a volti neutri. Una miglior rappresentazione dei volti minacciosi nella memoria di lavoro potrebbe consentire una risposta più rapida a potenziali situazioni di minaccia.

Evidenze esistono anche sulla superiorità della memoria per volti con valenza positiva (D'Argembeau e coll., 2003; Shimamura, Ross, & Bennett, 2006). D'Argembeau e coll. (2007), ad esempio, hanno rilevato che la memoria episodica per l'identità di un volto è più accurata quando i volti sono inizialmente presentati con un'espressione di felicità piuttosto che di rabbia, anche quando l'attenzione è diretta verso caratteristiche facciali

diverse dalle espressioni emotive. Gli autori, in questo caso, suggeriscono che volti minacciosi potrebbero catturare maggiormente l'attenzione verso di se e ostacolare quindi l'elaborazione di altra informazione che non riguardi propriamente le espressioni emotive del volto, come appunto l'identità facciale.

Tuttavia, esistono casi in cui i volti emotivi non presentano un vantaggio in memoria rispetto ai volti neutri. Langeslag, Morgan, Jackson, Linden, e Van Strien (2009) hanno trovato un vantaggio per volti arrabbiati e felici su volti neutri quando i soggetti dovevano ricordare tre volti, ma non quando dovevano ricordare un volto solo. Anche negli studi di Jackson e coll. (2009; 2014) il vantaggio per i volti arrabbiati è evidente quando il carico della memoria è elevato. Questi risultati suggeriscono come il soggetto privilegi l'elaborazione degli stimoli con valenza emotiva rispetto agli stimoli con valenza neutra, soprattutto in condizioni di risorse limitate (Ihssen & Keil, 2008; Kensinger, 2009; Sessa e coll., 2011). Inoltre, alcuni studi rilevano che le differenze nel ricordo tra volti arrabbiati, felici e neutri diminuiscono quando l'intervallo di ritenzione tra i volti da ricordare è intorno ai 9 secondi (Jackson, Linden, & Raymond, 2012), evidenziando come la forza dell'associazione tra volto e emozione diminuisca quando il periodo di mantenimento è troppo lungo.

Una delle ipotesi riguardo ai meccanismi che possono determinare il vantaggio nella memoria per volti emotivi rispetto a volti neutri, è che essi vengano codificati con più precisione in memoria (Jackson e coll., 2014; Sessa e coll., 2011; Kensinger, 2007). Banko e coll. (2009), ad esempio, hanno mostrato che la discriminazione di volti che variavano per piccole differenze dell'espressione emotiva non risultava compromessa, se si separava per diversi secondi l'intervallo di ritenzione tra gli stimoli, dimostrando che una rappresentazione ad alta risoluzione delle espressioni emotive di un volto fosse mantenuta nella memoria visiva a breve termine. Tuttavia, gli autori trovano che i soggetti sono ugualmente bravi nel discriminare variazioni tra espressioni emotive e variazioni tra l'identità dei volti. I loro risultati quindi non chiariscono se la precisione in memoria è maggiore per volti emotivi rispetto a volti neutri.

La maggior parte delle ricerche che hanno studiato la memoria di volti emotivi, hanno utilizzato principalmente paradigmi di tipo old/new, in cui i soggetti dovevano esprimere un giudizio di presenza/assenza del ricordo di un volto. Questa procedura non offre una misura diretta della precisione della rappresentazione del volto in memoria. Nel Capitolo 1 e 2, ho valutato l'accuratezza della memoria di lavoro in termini di abilità nel riconoscere differenze tra stimoli presentati in intervalli di tempo diversi. In questa ricerca, invece, con l'utilizzo di una nuova procedura già impiegata in studi sulla fedeltà della memoria per gli oggetti (Wilken & Ma, 2004; Zhang & Luck, 2008), ho valutato quanto fosse dettagliata la rappresentazione in memoria per volti emotivi e volti neutri,

misurando la capacità del soggetto di riprodurre ciò che ricordano di uno stimolo. Secondo i risultati descritti negli studi precedenti, se l'effetto delle emozioni determinasse una rappresentazione più accurata di un volto in memoria, ci dovremo aspettare che i soggetti abbiano un ricordo più nitido di un volto con una valenza emotiva rispetto ad un volto neutro.

4.1.2 La fedeltà della memoria

Una teoria emergente nel campo della memoria di lavoro è che variazioni nelle prestazioni della memoria di lavoro riflettano la precisione con cui gli stimoli sono ricordati (Bays & Husain, 2008; Bays, Catalao, & Husain, 2009). Questo modello assume che un insieme di risorse è distribuito in maniera flessibile tra gli items presenti in un array, e gli items che ricevano una porzione maggiore di risorse sono codificati con maggior precisione. Questa teoria propone che i limiti della nostra memoria di lavoro non si traducono in un numero massimo di elementi che è possibile ricordare, ma piuttosto come un insieme di risorse limitate da condividere (Brady e coll., 2011).

Per studiare quanta informazione un osservatore si ricorda per ogni stimolo, in queste ricerche è stata utilizzata una nuova procedura che ha permesso di ottenere misure continue della fedeltà della memoria (“continuous report procedure” o “metodo dell’aggiustamento”; Wilken, & Ma, 2004; Zhang & Luck, 2008; Bays e coll., 2009; Lorenc, Pratte, Angeloni, & Tong, 2014). In questo paradigma, i soggetti dovevano osservare uno stimolo che aveva certe caratteristiche (es. un quadratino rosso) e in seguito dovevano riprodurre le caratteristiche di quello stimolo in modo che corrispondessero a ciò che avevano visto precedentemente (es. riportare il colore del quadratino su un continuum circolare che rappresenta tutte le tinte monocromatiche). In questo modo, è stato possibile valutare la differenza tra la risposta del soggetto e il valore reale dello stimolo che veniva presentato, e ciò ha permesso di misurare la precisione della rappresentazione di quello stimolo in memoria.

In accordo al modello di Bays & Husain (2008), Jackson e coll. (2014) hanno suggerito che volti con una valenza negativa potrebbero ricevere una proporzione maggiore di risorse cognitive per item rispetto a volti neutri e volti non minacciosi, generando una rappresentazione più dettagliata di questi stimoli nella memoria di lavoro. Lo scopo della mia ricerca è stato quello di valutare se la precisione del ricordo variasse all’aumentare dell’intensità emotiva di un volto e se il ricordo di attributi facciali emotivi (espressioni facciali) fosse più accurato rispetto al ricordo di attributi facciali senza contenuto emotivo (identità facciale).

Per questo scopo, ho utilizzato il metodo dell'aggiustamento. Questa procedura era già stata impiegata da Lorenc e coll. (2014) per misurare la fedeltà in memoria di volti presentati in orientamento canonico e invertito. Questi autori hanno generato, con la tecnica del morphing, stimoli volto che variavano in maniera continua lungo la dimensione dell'età e del genere e hanno valutato la fedeltà della memoria per volti in orientamento canonico e invertito, al variare del numero di volti da ricordare. Gli autori trovano che la fedeltà della memoria è minore per volti invertiti rispetto a volti in orientamento canonico, mentre l'inversione non ha influenza sulla capacità di memoria per i volti.

Nel presente studio, ho generato, con la tecnica del morphing, variazioni tra i volti lungo la dimensione dell'espressione emotiva e lungo la dimensione dell'identità facciale. Diversamente da Lorenc e coll. (2014), il mio scopo era quello di valutare se ci fossero differenze nella precisione della memoria tra dimensioni diverse del volto. Questo obiettivo poneva però un problema: dovevo confrontare le risposte dei soggetti lungo continua di risposta differenti (un continuum che rappresentava variazioni di identità e uno che rappresentava variazioni delle espressioni facciali), perciò era necessario che le variazioni tra le immagini dei volti, all'interno dei continui, fossero commensurabili a livello percettivo. Per risolvere questo problema, ho utilizzato il metodo dello scaling fechneriano (Dzhafarov, & Colonius, 1999). In altre parole, ogni continuum di morphing corrispondente ad un continuum delle risposte è stato creato in modo che le immagini, al suo interno, differissero tra loro per una "just noticeable difference" (JND), ovvero in modo che la distanza tra due stimoli all'interno di ogni continuum corrispondesse ad una soglia percettiva misurata per ogni soggetto.

4.1.3 Disegno sperimentale

Lo studio comprendeva due fasi: una fase di pre-test e una fase sperimentale. Un gruppo di soggetti ha partecipato al Pre-test 1 e all'Esperimento 1, mentre un altro gruppo al Pre-test 2 e all'Esperimento 2. (1) Nella fase di pre-test, venivano misurate soglie di discriminazione percettiva per variazioni tra immagini di volti prodotte con la tecnica del morphing. Nel Pre-test 1, i soggetti svolgevano un compito di discriminazione tra volti che variavano lungo la dimensione dell'identità con espressione facciale neutra (es. A/B, Figura 4.1), e lungo la dimensione delle espressioni facciali (felicità e rabbia) con intensità emotiva bassa (es. N/F+, Figura 4.1). Nel Pre-test 2, il compito di discriminazione riguardava variazioni tra volti lungo la dimensione dell'espressione facciale di rabbia, in cui l'intensità emotiva dell'espressione facciale era molto elevata (es. R++++/N, Figura 4.2). Con le soglie misurate durante i pre-tests, ho costruito 3 continui di morphing fechneriani: un continuum creato tra volti con identità facciale diversa ed espressione emotiva neutra (Figura 4.3a; Esperimento 1); un continuum tra volti che avevano la

stessa identità, ma espressioni emotive diverse (Figura 4.3b; Esperimento 1); e un continuum che rappresentava variazioni tra volti con uguale identità ed espressioni di rabbia molto intense (Figura 4.3c; Esperimento 2). (2) Nella fase sperimentale, i soggetti svolgevano il compito dell'aggiustamento. In questa fase, ho anche valutato la precisione del ricordo all'aumentare del numero di volti da ricordare (Esperimento 1-2: set-size 1, 4) e per volti in orientamento canonico e invertito (Esperimento 1).

PRE-TEST 1

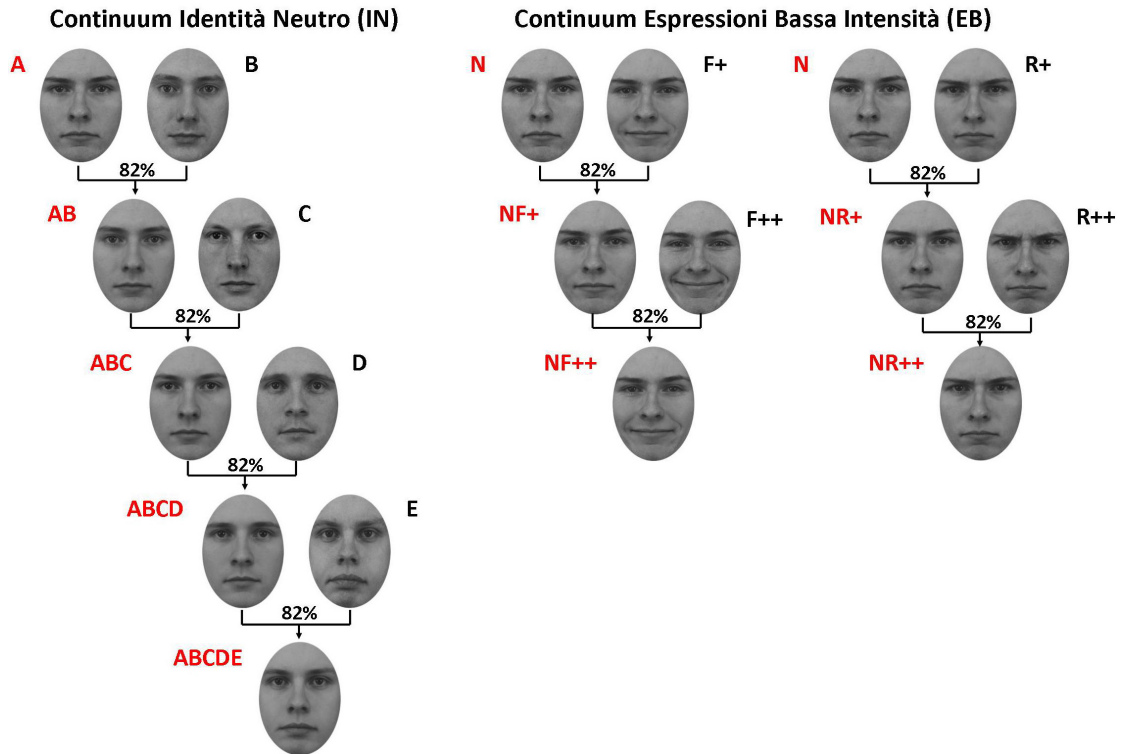


FIGURA 4.1: Esempi della costruzione dei continua fechneriani dell'identità e delle espressioni facciali a bassa intensità. Pannello di sinistra: costruzione del continuum IN (Pre-test 1). Un morphing a 100 passi è stato creato tra l'immagine A e l'immagine B. L'immagine che produceva l'82% di discriminazioni corrette in un compito di discriminazione tra volti che appartenevano a questo continuum veniva utilizzata come estremo per la formazione di un nuovo continuum di morphing. Questa procedura è stata ripetuta fino ad ottenere quattro soglie di discriminazione percettiva (AB, ABC, ABCD, ABCDE). Il continuum fechneriano IN veniva generato creando morphing a 20 passi tra ognuna delle soglie individuate (A/AB, AB/ABC, ABC/ABCD, ABCD/ABCDE). Pannello di destra: costruzione del continuum EB (Pre-test 1). Un morphing a 100 passi è stato creato tra l'immagine N e l'immagine F+ e tra l'immagine N e l'immagine R+. Le immagini che producevano l'82% di discriminazioni corrette in un compito di discriminazione tra volti che appartenevano a questi continua venivano utilizzate come estremi per la formazione di due nuovi continua di morphing. Questa procedura è stata ripetuta fino ad ottenere quattro soglie di discriminazione percettiva (NF+, NF++, NR+, NR++). Il continuum fechneriano EB veniva generato creando morphing a 20 passi tra ognuna delle soglie individuate (NF++/NF+, NF+/N, N/NR+, NR+/NR++).

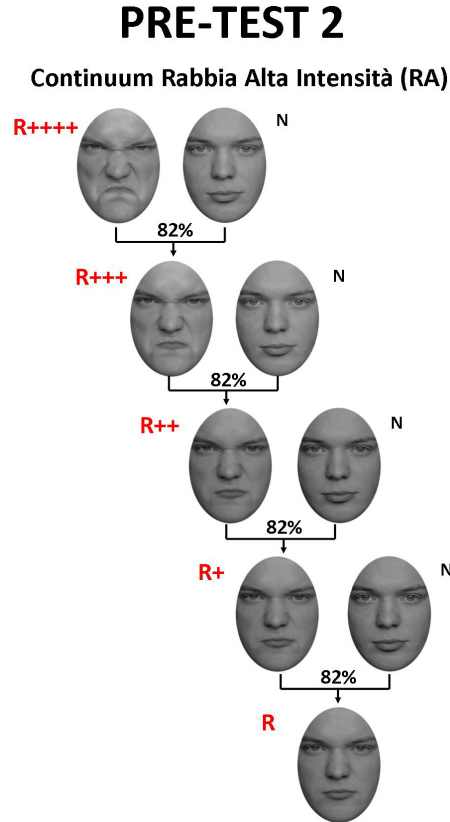


FIGURA 4.2: Esempio della costruzione del continuum fechneriano della rabbia ad alta intensità (RA; Pre-test 2). Un morphing a 100 passi è stato creato tra l'immagine R++++ e l'immagine N. L'immagine che produceva l'82% di discriminazioni corrette in un compito di discriminazione tra volti che appartenevano a questo continuum veniva utilizzata come estremo per la formazione di un nuovo continuum di morphing. Questa procedura è stata ripetuta fino ad ottenere quattro soglie di discriminazione percettiva (R+++, R++, R+, R). Il continuum fechneriano RA veniva generato creando morphing a 20 passi tra ognuna delle soglie individuate ((R++++/R+++, R+++/R++, R++/R+, R+/R)).

4.2 Metodo

4.2.1 Partecipanti

Diciotto soggetti hanno partecipato volontariamente allo studio. Otto soggetti hanno partecipato al Pre-test 1 (7 femmine, età 26-30 anni) e all'Esperimento 1, mentre dieci soggetti hanno partecipato al Pre-test 2 (8 femmine, età 26-29 anni) e all'Esperimento 2. Avevano vista normale o con lenti correttive e non conoscevano lo scopo dello studio. Nessuno di loro è mai stato esposto precedentemente agli stimoli utilizzati in questo esperimento. L'esperimento è stato svolto con la comprensione e il consenso informato di ogni partecipante. L'esperimento era conforme alle linee guida istituzionali e nazionali per esperimenti con soggetti umani ed è stato condotto in accordo con la Dichiarazione di Helsinki.

4.2.2 Apparato

La presentazione degli stimoli e l'acquisizione dei dati sono state condotte con l'utilizzo di un computer PC (Dell Precision PWS690, Intel Xeon X5355 at 2.66 Ghz, NVIDIA Quadro FX 4600) connesso ad un monitor video a 19 pollici (Philip Brilliance 109P4) che opera a 75 Hz. La presentazione degli stimoli e la registrazione delle risposte è stata effettuata grazie all'ausilio del programma MATLAB (MATLAB, MathWorks Inc., Natick, MA).

4.2.3 Stimoli

Gli stimoli del Pre-test 1 (Esperimento 1) sono stati selezionati dal database Karolinska Directed Emotional Faces (Lundqvist, Flykt & Öhman, 1998). Ho selezionato sette immagini: cinque immagini erano volti con identità diversa e espressione neutra (A, B, C, D, E; Figura 4.1, pannello di sinistra), due immagini rappresentavano un volto dei precedenti con espressione felice (F++; Figura 4.1, pannello di destra) e lo stesso volto con espressione arrabbiata (R++; Figura 4.1, pannello di destra). Gli stimoli del Pre-test 2 (Esperimento 2) sono stati selezionati, invece, dal database Faces (Ebner, Riediger & Lindenberger, 2010). Ho selezionato due immagini: un'immagine rappresentava un volto con espressione neutra (N; Figura 4.2) e l'altra immagine rappresentava lo stesso volto, ma con espressione di rabbia molto intensa (R++++, Figura 4.2). Tutte le immagini sono state prima convertite in scala di grigio, un'apertura ovale è stata posta sopra ogni volto, e gli ovali sono stati posizionati su uno sfondo trasparente. Le immagini misuravano 280 x 329 pixels e sono state controllati i loro valori di contrasto e luminanza.

Da coppie delle immagini originali, ho creato continua di morphing con il programma Abrosoft FantaMorph. Nel paragrafo seguente è descritta la procedura che ho utilizzato per la costruzione di ogni continuum.

4.2.4 Procedura

4.2.4.1 Pre-tests

Lo scopo del Pre-test era selezionare coppie di volti, la cui distanza lungo un continuum di morphing corrispondeva ad una JND.

I soggetti svolgevano un compito di discriminazione percettiva a due alternative a scelta forzata (2AFC). Le soglie di discriminazione percettiva venivano misurate come la distanza lungo il continuum di morphing tra due immagini, necessaria perchè il soggetto

raggiunga l'82% di discriminazioni corrette. Di seguito è illustrata la procedura che ho eseguito per ottenere le immagini corrispondenti alle soglie di discriminazione percettiva.

Ho iniziato con una coppia di immagini e ho creato un continuum di morphing a cento passi (es. A/B). Ho poi individuato, per quel continuum, l'immagine corrispondente all'82% di discriminazioni corrette (es. AB), ovvero la soglia di discriminazione percettiva, e questa immagine è stata utilizzata come primo estremo per la formazione di un nuovo continuum a 100 passi con una nuova immagine (es. AB/C; Figura 4.1). Ho continuato così fino ad individuare 4 soglie di discriminazione percettiva (es. AB, ABC, ABCD, ABCDE). Nel Pre-test 1, ho ottenuto 5 volti di identità diversa (A, AB, ABC, ABCD, ABCDE; Figura 4.1, pannello di sinistra) e 5 volti con la stessa identità e espressioni emotive diverse (NF++, NF+, N, NR+, NR++; Figura 4.1, pannello di destra). Nel Pre-test 2, ho ottenuto 5 immagini dello stesso volto con intensità di rabbia sempre meno intense (R++++, R+++, R++, R+, R; Figura 4.2).

Durante il compito di discriminazione percettiva, ai partecipanti era richiesto di indicare quale tra due volti presentati simultaneamente fosse più simile ad un volto di confronto (ovvero l'immagine 100 di ogni continuum) che veniva mostrato in ogni trial prima della presentazione dei due volti (Figura 4.4, pannello di sinistra). Nel caso dei continui delle espressioni emotive, nel Pre-test 1, il volto di confronto era il volto con espressione più intensa (F+, F++; Figura 4.1); nel Pre-test 2, era il volto neutro (N; Figura 4.2). Lo stesso volto di confronto veniva utilizzato per ogni partecipante e esso non variava durante i trials.

E' stato utilizzato il metodo degli stimoli costanti (vedi Capitolo 1). I soggetti vedevano in ogni prova il volto di riferimento (immagine 1 del continuum di morphing) e un volto test (7 diverse immagini del continuum di morphing), che variava in ogni prova. Una funzione psicometrica è stata generata per ogni partecipante e per ogni continuum di morphing (Wichmann & Hill, 2001), dopo 147 trials. In totale, ho ottenuto 8 funzioni psicometriche per ogni partecipante del Pre-test 1 (4 funzioni psicometriche per variazioni di identità e 4 per variazioni di espressione) e 4 funzioni psicometriche per variazioni dell'espressione di rabbia, per ogni partecipante del Pre-test 2.

L'esperimento veniva svolto in una stanza semibuia. Gli stimoli venivano presentati sopra uno sfondo nero. Ogni trial iniziava con un punto di fissazione per 1000 ms, seguito da una schermata vuota di 1000 ms. Il volto di confronto veniva presentato in posizione centrale per 1000 ms. Dopo una schermata vuota di 1000 ms, due volti apparivano fianco a fianco sullo schermo, in posizione centrale, e rimanevano sullo schermo fino alla risposta del soggetto. Il volto di riferimento e il volto test venivano presentati casualmente a sinistra o a destra rispetto al punto di fissazione (Figura 4.4).

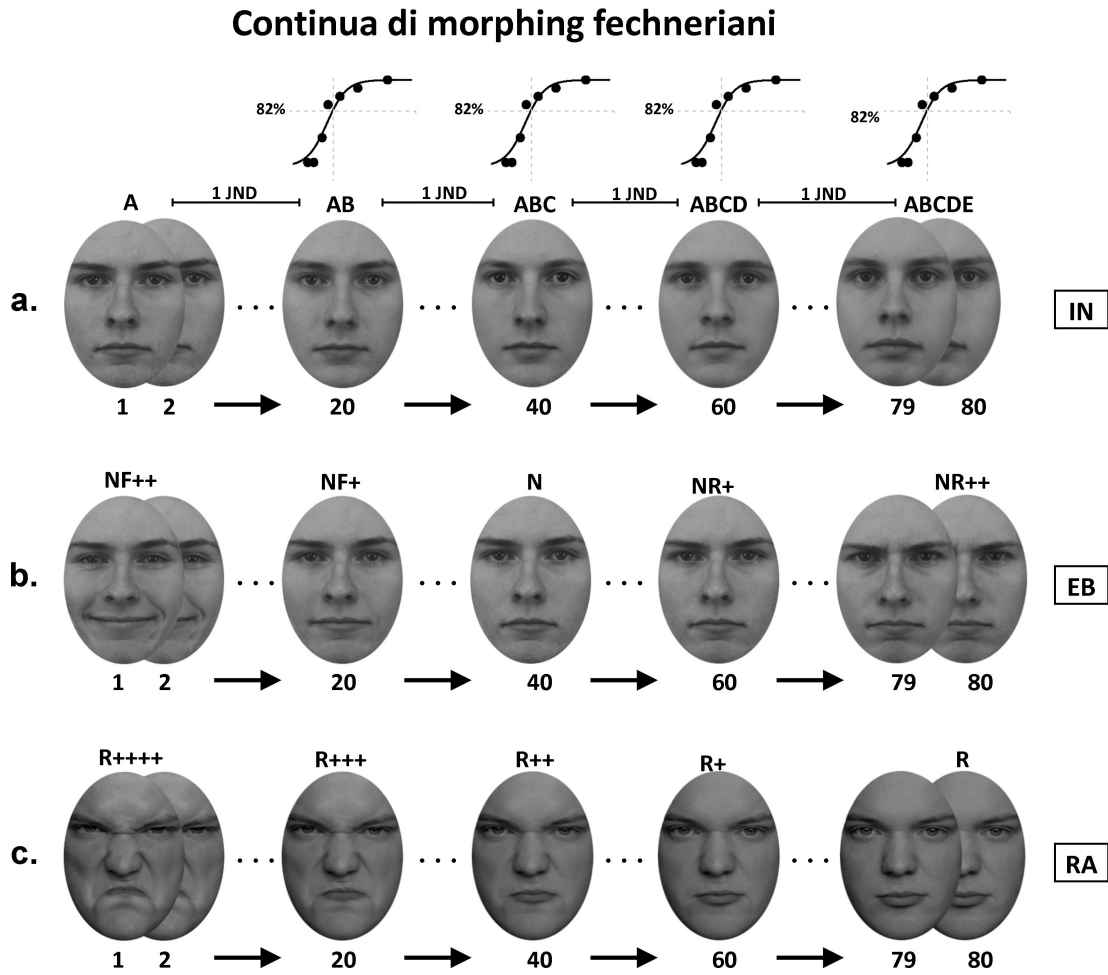


FIGURA 4.3: Continua di morphing fechneriani. **a.** Continuum IN. Il continuum è stato generato creando continua di morphing a 20 passi tra le immagini di volti corrispondenti alle soglie di discriminazione percettiva individuate nel Pre-test 1 nel compito di discriminazione dell'identità (A, AB, ABC, ABCD, ABCDE). La distanza di 20 frames corrisponde ad una JND. **b.** Continuum EB. Il continuum è stato generato creando continua di morphing a 20 passi tra le immagini di volti corrispondenti alle soglie individuate nel Pre-test 1 nel compito di discriminazione dell'espressioni emotiva a bassa intensità emotiva (NF++, NF+, N, NR+, NR++). **c.** Continuum RA. Il continuum è stato generato creando continua di morphing a 20 passi tra le immagini di volti corrispondenti alle soglie individuate nel Pre-test 2 nel compito di discriminazione dell'espressione di rabbia ad alta intensità emotiva (R++++, R+++ , R++ , R+ , R).

4.2.4.2 Esperimenti 1-2

Le immagini di volti corrispondenti alle soglie individuate nei Pre-tests sono state utilizzate per la costruzione dei continua di morphing fechneriani.

Il continuum di morphing fechneriano per l'identità facciale (IN: variazioni dell'identità con espressione neutra) è stato costruito generando 4 continua di morphing tra le cinque immagini corrispondenti alle soglie di discriminazione individuate nel Pre-test 1 che rappresentavano volti di identità diversa e espressione neutra (A/AB, AB/ABC,

ABC/ABCD, ABCD/ABCDE). Ogni continuum era costituito da 20 fotogrammi, per un totale di 80 fotogrammi nel continuum fechneriano (Figura 4.3a). Il continuum di morphing fechneriano per le espressioni emotive (EB: variazioni dell'espressione emotiva a bassa intensità) è stato costruito generando 4 continua di morphing tra le cinque immagini corrispondenti alle soglie di discriminazione individuate nel Pre-test 1 che rappresentavano volti con la stessa identità, ma espressioni emotive diverse. Ogni continuum era costituito da 20 fotogrammi, per un totale di 80 fotogrammi nel continuum fechneriano (Figura 4.3b). Questi due continua sono stati utilizzati nell'Esperimento 1. Il continuum di morphing fechneriano per la rabbia (RA: variazioni dell'espressione di rabbia ad alta intensità) è stato costruito generando 4 continua di morphing tra le cinque immagini, corrispondenti alle soglie di discriminazione individuate nel Pre-test 2 che rappresentavano volti con la stessa identità, ed espressioni di rabbia con diverso grado di intensità (R++++/R+++, R+++/R++, R++/R+, R+/R). Ogni continuum era costituito da 20 fotogrammi, per un totale di 80 fotogrammi nel continuum fechneriano (Figura 4.3c). Questo continuum è stato utilizzato nell'Esperimento 2. In totale, avevamo quindi 2 continua fechneriani (IN, EB) per l'Esperimento 1 e un continuum fechneriano (RA) per l'Esperimento 2.

La precisione della memoria è stata valutata per set size di 1 volto o di 4 volti; nell'Esperimento 1, le prestazioni venivano misurate anche per volti in orientamento invertito¹.

Per la condizione set size 1, ogni trial iniziava con un punto di fissazione per 1000 ms, poi appariva un volto in posizione centrale che rimaneva sullo schermo per 4000 ms. Dopo la sua scomparsa, sullo schermo appariva un volto estratto a caso dal continuum fechneriano. Premendo due pulsanti diversi della tastiera del computer, il soggetto poteva scorrere lungo il continuum per cercare quale secondo lui era il volto che gli era stato precedentemente mostrato. Per la condizione set size 4, ogni trial iniziava con un punto di fissazione per 1000 ms, poi apparivano 4 volti che rimanevano sullo schermo per 4000 ms. Dopo un punto di fissazione di 1000 ms apparivano 4 ovali di colore grigio nelle stesse posizioni dei volti precedentemente mostrati; uno a caso tra questi ovali era di colore rosso e indicava il volto che i soggetti dovevano ricordare. Gli ovali rimanevano sullo schermo per 3000 ms, in seguito i soggetti potevano scorrere lungo il continuum fechneriano per selezionare il volto che avevano visto (Figura 4.4).

Ogni sessione comprendeva 160 prove, divise in 8 blocchi da 20 prove l'uno e durava circa un'ora. Nell'Esperimento 1, ogni soggetto svolgeva un totale di 1280 prove, 160 prove $\times$ 2

¹ Nell'Esperimento 1, ho costruito altri due continua fechneriani: un continuum fechneriano era formato dalle immagini del continuum IN, ma ruotate di 90°; l'altro continuum era formato dalle immagini del continuum EB ruotate di 90°. Questa condizione è stata utilizzata come condizione di controllo per verificare come variava la precisione in memoria all'aumentare della difficoltà del compito.

continua fechneriani (IN, EA) $\times$ 2 set size (1, 4) $\times$ 2 orientamenti (invertito, canonico). Nell'Esperimento 2, ogni soggetto svolgeva un totale di 320 prove, 160 prove $\times$ 2 set size (1, 4). I continua venivano testati in blocchi separati e l'ordine di presentazione dei blocchi è stato controbilanciato tra i partecipanti.

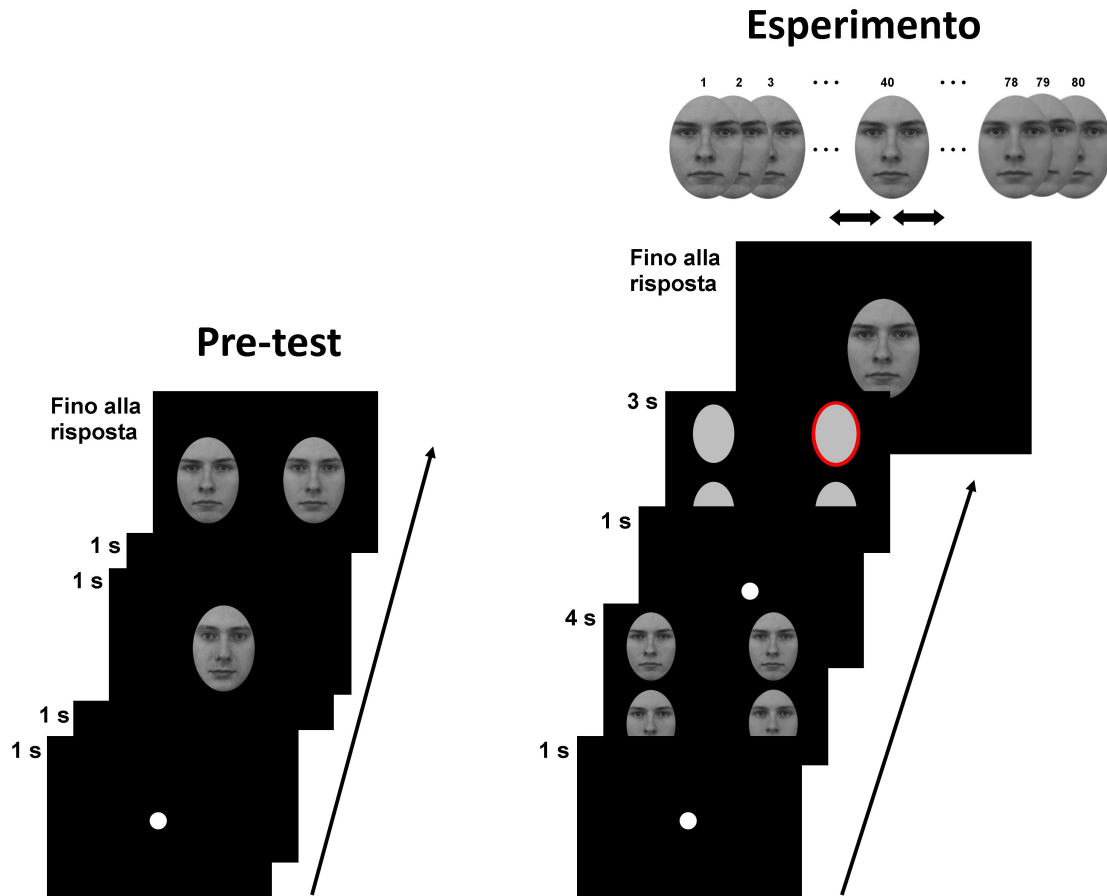


FIGURA 4.4: Procedura. Pannello di sinistra: Pre-test. I partecipanti indicavano quale di due volti fosse più simile ad un volto di confronto (immagine 100 del continuum) che veniva mostrato all'inizio di ogni trial. Pannello di destra: Esperimento di memoria (metodo dell'aggiustamento). La figura mostra la condizione set size 4. Ai partecipanti venivano mostrati quattro volti estratti a caso da uno dei continua di morphing fechneriani. Successivamente, veniva indicato loro quale tra i quattro volti dovevano ricordare. I partecipanti potevano selezionare il volto che si ricordavano scorrendo le immagini lungo il continuum fechneriano. Nella condizione set size 1 (non mostrata nella figura) ai soggetti veniva presentato solo un volto da memorizzare.

4.3 Risultati

4.3.1 Esperimento 1

Per misurare la precisione delle risposte dei soggetti ho calcolato la deviazione standard dell'errore, espresso come la differenza tra la risposta del soggetto (numero del frame

corrispondente all'immagine selezionata) e l'immagine realmente presentata (numero del frame corrispondente all'immagine originale proveniente dal continuum fechneriano), per ogni continuum, orientamento e set size. I risultati sono mostrati nella Figura 4.5.

Per la condizione orientamento canonico, ho svolto un modello a effetti misti² con la deviazione standard dell'errore come variabile risposta, Continuum (IN, EB), Set Size (1, 4) e la loro interazione come effetti fissi e con intercette casuali soggetto-specifiche e pendenze casuali soggetto-specifiche per l'effetto di Continuum e Set Size (Wright e coll., 2009; Barr e coll., 2013). Il modello ha rivelato un effetto significativo di Set Size, $\chi^2_1 = 8.78$, $p = .0030$, con una deviazione standard più alta per il set size di 4 volti, $t = 3.83$, $p = .0049$ e di Continuum, $\chi^2_1 = 10.92$, $p = .0009$, con una deviazione standard minore per il continuum IN, $t = -2.31$, $p = .0263$. L'interazione tra Continuum e Set Size non è risultata statisticamente significativa, $\chi^2_1 = 0.71$, $p = .3993$.

Per la condizione orientamento invertito, lo stesso modello ha evidenziato solo un effetto di Continuum, $\chi^2_1 = 3.84$, $p = .0499$, in particolare la deviazione standard era maggiore per il continuum IN rispetto al continuum EB, $t = 2.04$, $p = .0477$. L'effetto di Set Size non è risultato significativo, $\chi^2_1 = .02$, $p = .8888$, e neppure l'interazione tra Set Size e Continuum, $\chi^2_1 = 1.06$, $p = .3025$.

Per valutare l'effetto dell'orientamento ho svolto un modello a effetti misti con la deviazione standard dell'errore come variabile risposta, Continuum (IN, EB), Set Size (1, 4), Orientamento (Canonico, Invertito) e la loro interazione come effetti fissi e con intercette casuali soggetto-specifiche e pendenze casuali soggetto-specifiche per l'effetto di Continuum, Set Size e Orientamento. Il modello ha rivelato un effetto significativo di Orientamento, $\chi^2_1 = 23.90$, $p < .0001$, con la deviazione standard più alta per l'orientamento invertito, $t = 10.56$, $p < .0001$, e un'interazione significativa tra Orientamento e Set Size, $\chi^2_3 = 86.62$, $p < .0001$.

4.3.2 Esperimento 2

Ho svolto un modello a effetti misti con la deviazione standard dell'errore come variabile risposta, Continuum (IN, EB, RA)³, Set Size (1, 4) e la loro interazione come effetti fissi e con intercette casuali soggetto-specifiche e pendenze casuali soggetto-specifiche per l'effetto di Set Size. Il modello ha rivelato un effetto significativo di Continuum, $\chi^2_2 = 44.34$, $p < .0001$, con la deviazione standard più alta per il continuum RA, $t = 4.09$,

²Ho usato **R** (R Core Team, 2013), **lme4** (Bates, Maechler, Bolker & Walker, 2014), e **lmerTest** (Kuznetsova, Brockhoff & Christensen, 2014). I p -valore sono stati stimati con il test del rapporto di verosimiglianza del modello completo con l'effetto in questione contro il modello senza l'effetto in questione e utilizzando le approssimazioni dei gradi di libertà di Satterthwaite e Kenward-Roger (KR) (vedi anche Caudek, 2014; Caudek & Domini, 2013; Caudek & Monni, 2013).

³la variabile Continuum adesso è tra soggetti

$p = .0007$ e più bassa per il continuum IN, $t = -2.37$, $p = .0181$ e un effetto significativo del Set Size, $\chi^2_1 = 10.32$, $p = .0013$, con una deviazione standard maggiore per set size di 4 volti, $t = 5.15$, $p < .0001$. Ho trovato anche un'interazione significativa tra Continuum e Set Size, $\chi^2_2 = 8.57$, $p = .0137$, rivelando un effetto minore del set size per il continuum RA, $t = -3.05$, $p = .0063$ (Figura 4.5, pannello di sinistra).

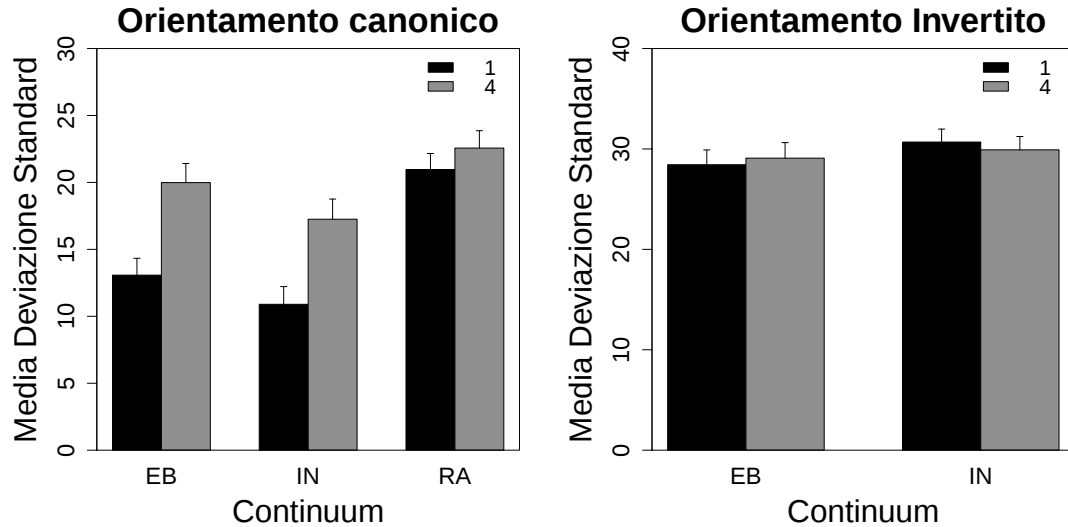


FIGURA 4.5: Media della deviazione standard dell'errore (numero del frame corrispondente all'immagine selezionata - numero del frame corrispondente all'immagine originale proveniente dal continuum fechneriano) in funzione del continuum di morphing fechneriano e del set size. Le barre nere indicano le prestazioni per set size di 1 volto, le barre grigie indicano le prestazioni per set size di 4 volti. Il pannello di sinistra indica i risultati per i volti in orientamento canonico, il pannello di destra indica i risultati per i volti in orientamento invertito.

4.4 Discussione

Ho valutato se la precisione in memoria variasse in funzione della valenza emotiva dei volti da ricordare. I risultati mostrano che i soggetti risultano meno precisi nel ricordare volti che hanno una valenza emotiva molto intensa. In particolare, ho trovato che la fedeltà della memoria è massima quando i soggetti devono ricordare volti che variano lungo la dimensione dell'identità con espressione neutra, poi diminuisce quando devono ricordare volti che hanno la stessa identità, ma espressioni facciali diverse con bassa intensità emotiva, per poi diminuire ulteriormente quando devono ricordare volti con espressione di rabbia molto intensa. I risultati evidenziano anche un effetto del set size. L'accuratezza sembra infatti diminuire quando dobbiamo ricordare quattro volti, invece di uno. Questo dato conferma gli altri studi in letteratura che evidenziano come la

precisione della memoria diminuisca all'aumentare del numero di elementi da ricordare (vedi Bays & Husain, 2008 e Lorenc e coll., 2014).

Infine, ho valutato anche la fedeltà della memoria per volti invertiti. Ho scelto questa condizione perchè altri studi hanno mostrato come l'inversione dei volti distrugga l'elaborazione dell'identità e delle espressioni di un volto (Yin, 1969; McKelvie, 1995) e che i volti invertiti vengono rappresentati con minor accuratezza in memoria (Lorenc e coll., 2014). Questa condizione mi serviva anche come controllo per valutare come variava la precisione della memoria quando il compito era molto difficile. I risultati che ho rilevato confermano gli studi precedenti, infatti ho trovato che la precisione della memoria è più bassa per i volti invertiti rispetto ai volti in orientamento canonico. Ho rilevato, inoltre, che per i volti invertiti non c'è differenza quando i soggetti devono ricordare un volto o quattro volti. Questo potrebbe indicare che le prestazioni dei soggetti per i volti invertiti rappresentano la condizione di massima difficoltà del compito; le deviazioni standard dei soggetti per i volti invertiti sono, infatti, le più alte rispetto alle altre condizioni, indicando quindi un limite superiore al di sopra del quale la nostra memoria non riesce più a immagazzinare informazione (Alvarez & Cavanagh, 2004; Zhang & Luck, 2008). Un risultato interessante del presente studio è che l'effetto di inversione è più forte per volti che variano lungo il continuum dell'identità, rispetto a volti che variano lungo il continuum dell'espressioni. Questo risultato è in linea con gli studi che mostrano come il riconoscimento delle espressioni sia meno influenzato dalla distruzione dell'elaborazione olistica provocata dall'inversione dei volti (Calvo & Nummenmaa, 2008; Psalta & Andrews, 2014).

4.5 Discussione generale

Lo scopo della mia ricerca era di valutare con che precisione venissero ricordati volti con valenza emotiva. Inoltre, volevo verificare se esistessero differenze nell'accuratezza della memoria per l'identità e le espressioni emotive di un volto. Per far questo, ho utilizzato il metodo dell'aggiustamento (Zhang & Luck, 2008; Lorenc e coll., 2014). I soggetti dovevano riprodurre l'immagine di un volto che avevano precedentemente memorizzato. Calcolando la differenza tra l'immagine riprodotta dal soggetto e l'immagine reale, è stato possibile misurare la precisione della rappresentazione in memoria di diversi attributi facciali.

Studi precedenti in letteratura hanno proposto che il vantaggio in memoria per volti emotivi rispetto a volti neutri dipendesse da una codifica più precisa per i volti emotivi. Tuttavia, nella maggior parte di queste ricerche sono stati utilizzati paradigmi di tipo old/new, che non consentivano di misurare direttamente la precisione in memoria per

questi stimoli. I risultati del presente studio indicano che i soggetti ricordano più accuratamente variazioni dell'identità di un volto oppure variazioni tra espressioni facciali che hanno una bassa intensità emotiva. La precisione del ricordo diminuisce drasticamente quando i soggetti devono ricordare variazioni tra espressioni emotive molto intense.

L'ipotesi che il ricordo di uno stimolo emotivo è più preciso rispetto al ricordo di uno stimolo neutro è stata più volte proposta negli studi sul riconoscimento degli oggetti. Kensinger (2007), ad esempio, ha rilevato che ricordiamo più dettagli di uno stimolo negativo rispetto ad uno stimolo neutro. Tuttavia, la stessa autrice sottolinea che questo vantaggio della memoria non vale per tutti i dettagli dello stimolo, ma solo per quei dettagli che sono attribuiti "intrinseci" dell'elemento emotivo (ovvero quei dettagli che ci danno informazioni sulla rilevanza emotiva dello stimolo)(vedi anche Mather, 2007). Ci ricordiamo, ad esempio, più dettagliatamente l'immagine di un serpente rispetto all'immagine di una scimmia, ma siamo meno bravi nel ricordare elementi del contesto in cui è inserito il serpente rispetto a elementi del contesto in cui è inserita la scimmia (Kensinger, 2007).

Tuttavia, esiste un'altra linea di ricerca che ha suggerito come gli effetti della memoria siano asimmetrici: ci ricordiamo meglio il contenuto emotivo centrale di un'esperienza ("gist"), ma spesso dimentichiamo i dettagli (Adolphs, Denburg, & Tranel, 2001; Mather, & Sutherland, 2011; Leal, Tighe, & Yassa, 2014). Leal e coll. (2014), ad esempio, hanno rilevato che, nonostante i partecipanti ricordassero meglio uno stimolo emotivo rispetto ad uno stimolo neutro, se si misuravano le loro prestazioni di discriminazione per stimoli molto simili, i partecipanti mostravano una discriminazione peggiore per stimoli emotivi, rispetto a stimoli neutri. Inoltre, questo peggioramento nella discriminazione per volti emotivi aumentava dopo 24 ore dalla presentazione degli stimoli. Gli autori suggeriscono che questo effetto delle emozioni potrebbe essere un meccanismo adattivo, in cui solo il ricordo delle caratteristiche centrali o salienti dello stimolo viene rafforzato, mentre il ricordo delle caratteristiche periferiche o non salienti viene indebolito. Quest'ultimo meccanismo potrebbe consentire la generalizzazione dell'informazione "gist" anche a nuove situazioni, che potrebbero richiedere simili risposte comportamentali.

Nella mia ricerca, i volti che i soggetti dovevano ricordare erano volti molto simili; i continui fechneriani sono stati costruiti in modo che le variazioni al loro interno fossero a livello di soglia percettiva. Potrebbe essere quindi, che anche nel presente studio, il ricordo di piccole differenze tra volti con una forte valenza emotiva fosse indebolito. Le differenze tra i volti potevano riguardare dettagli dell'immagine che non offrivano informazione sulle variazioni del contenuto emotivo del volto. Alcuni studi suggeriscono che l'effetto delle emozioni sull'elaborazione di uno stimolo è modulato dalla discriminabilità

percettiva tra gli stimoli. Holt e coll. (2014), ad esempio, hanno rilevato che il condizionamento alla paura si generalizza a volti che differiscono per variazioni a livello (o sotto) la soglia percettiva, mentre non si generalizza per volti le cui differenze sono sopra la soglia percettiva. Questo evidenzia come, in certi casi, non sia utile per il nostro sistema essere consapevole delle differenze che esistano tra stimoli che hanno lo stesso livello di minaccia.

Un aspetto da considerare è che, a differenza degli studi di Jackson e coll. (2009; 2014), in cui venivano valutate le prestazioni di riconoscimento tra volti emotivi e non dopo intervalli di ritenzione di pochi millisecondi, nella presente ricerca dalla presentazione degli stimoli al momento della risposta passavano in media 10 secondi. Ci troviamo, quindi, al limite della memoria visiva a breve termine. Potrebbe essere, quindi, che nel presente compito entrino in gioco processi che sono legati più alla memoria a lungo termine che a quella a breve termine. Alcuni studi mostrano, infatti, come il vantaggio di volti emotivi su volti neutri diminuisce se passano intervalli di ritenzione troppo lunghi (15 min-2 sett: Anderson, Yamaguchi, Grabski, & Lacka, 2006; 9 secondi: Jackson e coll., 2012). Anderson e coll. (2006) mostrano che, affinché ci sia un miglioramento della memoria episodica, è necessario che oltre ad una maggior attivazione dell'amigdala sia presente anche un incremento del livello di arousal del sistema nervoso simpatico, al momento della codifica degli stimoli. Gli autori mostrano che immagini di volti minacciosi causano un livello di arousal molto minore rispetto a immagini di scene negative (i volti sono una classe di stimoli più omogenea rispetto alle scene, Dewhurst, & Parry, 2000). Essi, infatti, trovano un vantaggio in memoria per scene negative su scene neutre, mentre nessuna differenza nel ricordo tra volti minacciosi e volti neutri. La loro ipotesi è che la presentazione di volti minacciosi, da soli, non è sufficiente per attivare il circuito amigdala-ippocampo che promuove il consolidamento delle memorie episodiche (Dolcos, LaBar, & Cabeza, 2004; McGaugh, 2004). Potrebbe essere che anche nel presente studio la presentazione dei volti, da soli, non abbia generato un arousal sufficiente per migliorare la loro memoria episodica.

In questa ricerca non abbiamo valutato la differenza tra il ricordo per volti con valenza positiva e volti con valenza negativa. Sebbene, in una condizione, ho mostrato anche stimoli felici (Esperimento 1, continuum EB), le immagini del continuum fechneriano variavano da volti con espressione felice a volti con espressione arrabbiata, per cui non è stato possibile valutare la precisione del ricordo solo per volti felici. Inoltre, l'intensità emotiva degli stimoli, in quella condizione, era troppo bassa e questo potrebbe aver condizionato i risultati. Molti studi mostrano come la valenza emotiva (positiva o negativa) di un volto possa avere effetti diversi sulla memoria (D'argembeau e coll., 2007; Kensinger, 2009; Jackson e coll., 2014). Kensinger (2009) ad esempio evidenzia come

l'informazione negativa migliori i processi sensoriali di uno stimolo, mentre quella positiva migliori l'elaborazione concettuale degli stimoli. Ulteriori studi futuri potrebbero chiarire se ci siano differenze nella precisione della memoria tra volti con valenza positiva e negativa, con alta intensità emotiva.

Sebbene sia un aspetto marginale rispetto all'obiettivo principale della ricerca, i risultati mostrano come la precisione della memoria sia modulata dal numero di elementi da ricordare. Ho rilevato, infatti, che la precisione in memoria è minore quando dobbiamo ricordare quattro volti, rispetto a quando dobbiamo ricordare un volto solo. Questo risultato conferma studi precedenti che mostrano come la risoluzione con cui uno stimolo è ricordato dipende dal numero di elementi da ricordare (Bays & Husain, 2008; Bays e coll., 2009). Infine, i dati confermano anche le ricerche che trovano un effetto dell'esperienza sulla precisione della memoria (Lorenc e coll., 2014). Ho trovato, infatti, una minor precisione nel ricordo di volti in orientamento invertito (stimoli con cui abbiamo meno esperienza) rispetto a volti in orientamento canonico. I risultati mostrano anche come l'effetto di inversione abbia un'influenza maggiore sulla precisione del ricordo dell'identità di un volto rispetto alle sue espressioni. Anche questo dato conferma studi precedenti che evidenziano come la distruzione dell'elaborazione olistica, provocata dall'inversione di un volto, comprometta maggiormente processi legati all'elaborazione dell'identità di un volto, rispetto all'elaborazione delle espressioni facciali, le quali sarebbero, invece, più legate ad un'elaborazione analitica del volto (Calvo & Nummenmaa, 2008; Fallshore & Bartholow, 2003; McKelvie, 1995; Prkachin, 2003; Psalta & Andrews, 2014).

4.6 Conclusioni

Molti studi mostrano che le emozioni influenzano i nostri processi cognitivi (Dolcos & Denkova, 2014). Dai risultati del presente studio emerge che le emozioni possano ostacolare, piuttosto che migliorare i nostri processi di memoria. La presenza, infatti, di informazione emotiva può compromettere la precisione della rappresentazione in memoria di un volto. Questi risultati portano anche evidenze di come i processi legati all'elaborazioni dell'identità di un volto o delle sue espressioni facciali siano mediati da processi di memoria diversi.

Discussione generale

Distinguere forme visive complesse è una delle funzioni più importanti della nostra mente. Tra tutti i patterns visivi, il volto ha un valore speciale: è uno stimolo molto complesso, costituito da diverse componenti, ed è lo stimolo più familiare e socialmente rilevante nel nostro ambiente visivo. Nel corso della vita, il sistema visivo umano è esposto a migliaia di esemplari di facce, che formano una categoria visiva molto omogenea. Essere in grado di discriminare un volto dall'altro, accuratamente e rapidamente, è un'abilità importante per la nostra vita quotidiana.

Tuttavia, molti dubbi esistono ancora sui meccanismi che permettono la discriminazione dei volti. Ad esempio, quale è l'importanza dei vari indizi facciali per il riconoscimento corretto dei volti? Che ruolo hanno gli stili di elaborazione percettiva (es. elaborazione olistica/configurale) sulla nostra capacità di discriminare i volti? La familiarità influenza la discriminazione di un volto? (Rossion, 2014).

Una prima difficoltà nel rispondere a queste domande è legata al fatto che non esiste ancora una misura sensibile e oggettiva dei processi di discriminazione, ovvero una misura che non sia influenzata da processi decisionali e processi cognitivi. A volte, ad esempio, risulta difficile distinguere l'influenza di componenti percettive e di memoria nei processi di discriminazione di uno stimolo. I paradigmi utilizzati negli studi sulla discriminazione visiva difficilmente sono in grado di isolare gli effetti di queste componenti.

Nella mia ricerca ho fatto un tentativo in questo senso, cercando di distinguere l'influenza di componenti percettive e di memoria nella discriminazione di diverse dimensioni facciali. In letteratura, ci sono evidenze, ad esempio, che stimoli che hanno una maggiore salienza percettiva (che hanno caratteristiche fisiche particolari, come un certo colore o una certa luminanza, etc.) vengano individuati e ricordati con più facilità (Ceccarini & Caudek, 2013). Nei miei esperimenti, per isolare l'effetto della memoria nell'elaborazione di stimoli-volto, ho presentato immagini di volti che erano state rese ugualmente discriminabili a livello percettivo con una procedura psicofisica, per ogni partecipante.

In questo modo ero sicura che i risultati trovati non dipendessero dall'elaborazione delle proprietà a basso livello degli stimoli.

Grazie all'utilizzo di questa procedura, in una parte della mia ricerca, ho potuto valutare come processi di memoria influenzassero alcuni dei classici effetti comportamentali che riguardano la discriminazione dei volti. Ho rilevato che l'effetto di inversione dei volti (il decremento maggiore nelle prestazioni di riconoscimento per stimoli-faccia rispetto a stimoli non-faccia se presentati capovolti di 90°; Yin, 1969) dipende fortemente da processi percettivi. Ci sono condizioni, infatti, in cui l'effetto di inversione cambia addirittura direzione in memoria. Nel Capitolo 1, ho mostrato che, se il compito richiede di discriminare variazioni a livello di soglia percettiva tra immagini di volti presentate in posizione canonica e invertita, le nostre prestazioni risultano peggiori per volti in orientamento canonico rispetto a volti in orientamento invertito. Un risultato simile lo troviamo anche nell'effetto "other-race" (la maggior difficoltà nel discriminare volti appartenenti ad un gruppo etnico diverso dal nostro; Malpass & Kravitz, 1969). Anche in questo caso, ho rilevato che questo effetto inverte la sua direzione in memoria, quando dobbiamo riconoscere differenze a livello di soglia percettiva tra volti che variano lungo la dimensione dell'identità facciale (Capitolo 2).

Nella mia ricerca, l'aver isolato le componenti percettive da quelle di memoria ha portato ad evidenziare processi di elaborazione per i volti che non erano mai stati trovati. Questi risultati si possono spiegare anche dal fatto che ho valutato la discriminazione in memoria per volti che erano molto simili a livello percettivo. Questa scelta ha portato ad evidenziare come fenomeni categoriali e effetti legati alle emozioni influenzano la nostra discriminazione e il nostro apprendimento dei volti. Di seguito, riassumerò i principali risultati che ho trovato.

Gli effetti della categorizzazione sulla discriminazione dei volti

Ci sono evidenze in letteratura che la fedeltà in memoria per l'identità di un volto è modulata da meccanismi di categorizzazione. Il riconoscimento dell'identità facciale comporta la selezione delle proprietà invarianti del volto che devono essere tenute separate dalle trasformazioni transienti della faccia. La memoria favorirebbe questo processo, "ignorando" quelle trasformazioni del volto che non sono utili per il riconoscimento dell'identità (Caudek, 2013). Nei miei studi, ho presentato immagini di volti che differivano per variazioni molto piccole lungo la dimensione dell'identità, variazioni che erano tali per cui le trasformazioni del volto non producevano cambiamenti dell'identità. Ho dimostrato che,

per questi particolari stimoli, la discriminazione in memoria è poco accurata, evidenziando, quindi, come la nostra memoria si adatti alla necessità di categorizzare correttamente l'identità di un volto.

Ho mostrato che questo meccanismo non è presente quando dobbiamo discriminare le espressioni emotive di un volto e neppure per volti con cui abbiamo meno esperienza visiva, come volti in orientamento invertito e volti appartenenti ad un altro gruppo etnico. Nel caso dell'effetto other-race, ci sono evidenze che, quando si tratta di discriminare volti same-race, tendiamo a prestare attenzione selettivamente alle caratteristiche del volto che sono diagnostiche della sua identità (processo di "individuazione"), mentre se dobbiamo discriminare volti other-race tendiamo a prestare attenzione alle caratteristiche che sono diagnostiche dell'appartenenza di quel volto ad un dato gruppo etnico (Hugenberg e coll., 2010). Questa minor influenza dei processi di individuazione potrebbe aver indebolito l'effetto dei meccanismi categoriali che abbiamo trovato invece per volti same-race. La categorizzazione in memoria sembra riguardare, quindi, solo gli indizi facciali che sono indicativi dell'identità di un volto.

L'influenza dell'esperienza visiva nella discriminazione dei volti

Un'altra parte della mia ricerca si è occupata di studiare come l'esperienza visiva influenzasse la nostra discriminazione dei volti. Il volto è uno stimolo "sovra-appreso", ma quali sono le caratteristiche dell'esperienza visiva che determinano un miglioramento nella nostra capacità di discriminare i volti? Certi tipi di esperienza visiva hanno un'influenza maggiore nei processi di riconoscimento dei volti? L'esperienza visiva con i volti ha caratteristiche particolari. La maggior parte dei volti che incontriamo sono connotati emotivamente; difficilmente quando incontriamo una persona, le sue espressioni facciali non sono indicative dello stato emotivo in cui essa si trova. Questo tipo di esperienza come influenza i nostri processi cognitivi?

Per valutare questi aspetti, ho esaminato i processi di apprendimento percettivo per volti con e senza valenza emotiva (Capitolo 3). Ho esaminato un particolare tipo di apprendimento, ovvero l'apprendimento implicito, cioè quei processi di apprendimento che non richiedono un'azione diretta dell'attenzione (Watanabe e coll., 2001). Ci sono evidenze, infatti, che la discriminazione di certe caratteristiche di uno stimolo può migliorare anche quando queste caratteristiche sono irrilevanti per il compito da svolgere. Ho utilizzato un paradigma di apprendimento implicito perchè simula maggiormente una situazione reale: i volti delle persone che incontriamo variano continuamente, ma noi non siamo consapevoli di queste variazioni. Mi sono chiesta se l'esposizione passiva a variazioni tra i volti lungo la dimensione dell'espressione emotiva determinasse un miglioramento maggiore

nei processi di discriminazione dei volti rispetto ad una condizione di apprendimento in cui i volti hanno un'espressione facciale neutra. I miei risultati mostrano che affinché si verifichi apprendimento implicito per i volti è indispensabile la presenza di informazione emotiva. Inoltre, ho rilevato che questo tipo di esperienza visiva determina un miglioramento anche nella discriminazione di caratteristiche facciali che non sono state presentate durante la fase di training. Ho trovato, infatti, un miglioramento nella discriminazione dell'identità dei volti, anche se le caratteristiche irrilevanti mostrate durante la fase di training riguardavano variazioni delle espressioni emotive e non dell'identità facciale.

Alcuni autori suggeriscono che l'apprendimento percettivo implicito (TIPL) determina modifiche nella rappresentazione delle caratteristiche irrilevanti dello stimolo, presentate durante la fase di training (features-based plasticity), mentre l'apprendimento percettivo (VPL) può determinare un miglioramento nelle abilità impiegate per l'esecuzione del compito di training (task-based plasticity) (Watanabe & Sasaki, 2015). L'effetto dell'apprendimento implicito che ho rilevato potrebbe quindi riguardare un miglioramento delle rappresentazioni delle caratteristiche dei volti che erano irrilevanti per il compito di training. Essendo il volto uno stimolo molto complesso, costituito da diverse dimensioni, l'apprendimento implicito potrebbe generare un miglioramento nella rappresentazione di tutte le caratteristiche facciali. C'è da sottolineare, inoltre, che questa generalizzazione potrebbe essere stata facilitata dall'utilizzo di volti delle stesse persone sia nelle fasi di test che nella fase di apprendimento. I partecipanti potrebbero aver migliorato la loro rappresentazione generale di una persona. L'aspetto rilevante che ho trovato è che, nel caso dei volti, l'informazione emotiva ha un ruolo cruciale nel determinare questo miglioramento.

Il presente studio mostra come esistano meccanismi di apprendimento specifici per i volti. Visto che i volti sono stimoli con una forte valenza emotiva, questa loro caratteristica influenza il modo in cui impariamo a discriminarli. In linea con l'ipotesi dell'emotional tagging (Richter-Levin & Akirav; 2003), la presenza di un arousal emotivo al momento della codifica di un volto può facilitare il suo consolidamento in memoria. Questi risultati mostrano, ancora una volta, come i nostri processi cognitivi abbiano caratteristiche specifiche riguardo all'elaborazione dei volti.

La precisione in memoria per attributi facciali diversi

Se in questi esperimenti mi sono occupata dei processi che riguardano la discriminazione dei volti, in un'ultima ricerca mi sono chiesta, invece, se fosse possibile valutare più direttamente l'accuratezza della rappresentazione di un volto nella memoria. Negli ultimi anni, un'attenzione sempre maggiore si è rivolta alla comprensione del contenuto delle

rappresentazioni della memoria, soprattutto di quella a breve termine, studiando, in particolare, che cosa determinasse una maggiore o minore fedeltà della rappresentazione in memoria di uno stimolo (Brady e coll., 2011). Abbiamo visto che i volti hanno uno status particolare in memoria e che esistono processi di memoria diversi che riguardano diversi attributi facciali. Per questo motivo, nello studio che ho descritto nel Capitolo 4, ho valutato se ci fossero differenze nella precisione del ricordo per diverse caratteristiche facciali. Ho impiegato una nuova procedura (Zhang & Luck, 2008; Lorenc e coll., 2014) in cui si richiedeva ai partecipanti di riprodurre l'immagine di un volto che avevano visto precedentemente. I volti che i soggetti dovevano ricordare potevano avere la stessa identità facciale, ma espressioni emotive molto intense oppure avere diverse identità, ma con espressione neutra. I risultati mostrano come la rappresentazione in memoria sia molto meno accurata per volti con una forte valenza emotiva rispetto a volti neutri.

Questo risultato è piuttosto sorprendente perchè in letteratura troviamo molti studi che suggeriscono che i volti con espressioni emotive sono codificati con più precisione in memoria (Jackson e coll., 2014; Sessa e coll., 2011). Tuttavia, il nostro studio presenta numerose differenze rispetto a queste ricerche. Innanzitutto, i soggetti dovevano ricordare volti che erano molto simili fra loro (le differenze tra i volti da memorizzare erano infatti a livello di soglia percettiva), inoltre il compito non richiedeva un semplice giudizio di presenza/assenza del ricordo di un volto, ma i partecipanti erano invitati a riprodurre la rappresentazione che avevano di quel volto in memoria. Durante questo compito, inoltre, l'intervallo di ritenzione tra la presentazione degli stimoli e la risposta dei soggetti era piuttosto lungo, per cui il risultato che abbiamo trovato potrebbe dipendere anche dall'influenza di processi legati alla memoria a lungo termine o episodica.

Studi sulla memoria episodica mostrano, infatti, che il ricordo di stimoli emotivi non è sempre accurato. Alcune ricerche hanno evidenziato che volti emotivi rispetto ad altri stimoli connotati emotivamente (come immagini di scene particolari) non producono livelli di arousal sufficienti a determinare un miglioramento della memoria episodica (Anderson e coll., 2006). Altri studi suggeriscono, invece, che la minor accuratezza per stimoli emotivi sia una risposta adattiva del nostro sistema (Adolphs e coll., 2001). Secondo questi autori, noi ci ricordiamo solo le caratteristiche "gist" (centrali/salienti) dello stimolo emotivo, mentre il ricordo delle caratteristiche periferiche o non salienti è indebolito. Questo meccanismo permetterebbe la generalizzazione dell'evento emotivo anche a situazioni simili, che potrebbero richiedere uguali risposte comportamentali (Leal e coll., 2014).

La memoria episodica per volti emotivi potrebbe avere, quindi, le solite caratteristiche. Potrebbe essere più opportuno per il nostro sistema non mantenere per lungo tempo in memoria i dettagli di un volto con valenza emotiva, ma solo quell'informazione facciale che sarà utile, in seguito, per rispondere a situazioni emotive simili.

Direzioni future

Ci sono diversi aspetti della mia ricerca che meritano ulteriori approfondimenti.

Ho rilevato l'esistenza di processi di memoria diversi per il riconoscimento dell'identità e delle espressioni emotive di un volto. Questo risultato è in linea con alcuni studi in letteratura che mostrano come l'elaborazione di queste caratteristiche facciali sia mediata da sistemi separati (Haxby e coll., 2000), anche se, come abbiamo visto nello studio sull'apprendimento (Capitolo 3), questi sistemi interagiscono in una certa fase dell'elaborazione (vedi anche Calder & Young, 2005). Ho anche evidenziato come, in situazioni diverse, la memoria abbia effetti diversi nei processi di elaborazione di questi attributi facciali. Se si tratta di discriminare in memoria variazioni molto piccole di un volto, la nostra memoria risulta meno accurata nel caso di variazioni che riguardano l'identità di un volto, rispetto a variazioni che riguardano le espressioni emotive. Quando, invece, si chiede ai soggetti di riprodurre la rappresentazione che hanno in memoria di un volto, essi mostrano un ricordo meno nitido, meno dettagliato per volti che hanno una forte valenza emotiva, rispetto a volti con espressione neutra.

C'è da precisare che questi due processi non riguardano gli stessi aspetti della memoria. Nel primo caso, si parla, infatti, di discriminazione nella memoria a breve termine: la rappresentazione del volto viene mantenuta per pochi millisecondi. Nel secondo caso, invece, il volto deve essere mantenuto in memoria per un periodo più lungo. Un aspetto che sicuramente non è chiaro è in quali fasi dell'elaborazione dell'informazione agiscono i processi di memoria che abbiamo trovato. Un peggior ricordo di volti emotivi dipende da una codifica meno precisa oppure da un minor funzionamento dei processi di mantenimento o di recupero? (Kuhbandner e coll., 2011). I meccanismi di categorizzazione influenzano i nostri processi attentivi, indirizzano la codifica solo verso alcune caratteristiche dei volti oppure ostacolano i nostri processi di mantenimento dell'identità di un volto in memoria? L'apprendimento è modulato dalla presenza di emozioni durante la fase di codifica di un volto? Questi aspetti vanno ulteriormente indagati per capire meglio l'origine degli effetti che abbiamo trovato.

L'ipotesi che i processi di discriminazione e di memoria per i volti abbiano caratteristiche diverse era già stata suggerita da altri studi. Weigelt e coll. (2014), ad esempio, mostrano come questi due processi abbiano uno sviluppo diverso. I bambini raggiungono i livelli degli adulti nella capacità di discriminazione dei volti dopo i 5 anni d'età. Tuttavia questo sviluppo riguarda abilità che non sono dominio-specifiche per i volti, infatti i bambini mostrano lo stesso livello di discriminazione per stimoli-faccia e per stimoli non-faccia. Lo sviluppo, quindi, potrebbe riguardare abilità più generali, come l'attenzione (McKone, Crookes, Jeffery, & Dilks, 2012). I processi di memoria per i volti, invece, maturano

più tardivamente, intorno ai 10 anni di età, e sono dominio-specifici, ovvero hanno uno sviluppo maggiore rispetto altre classi di oggetti. Se questi due processi richiedono lo sviluppo di abilità diverse, non è così sorprendente che esistano meccanismi diversi legati alla memoria e alla discriminazione dei volti. I processi di categorizzazione per i volti, ad esempio, emergono precocemente (es. categorizzazione del gruppo etnico: dai 6 ai 9 mesi, Anzures, Quinn, Pascalis, Slater, & Lee, 2010; categorizzazione del genere: dai 7 ai 9 mesi, Cohen, & Strauss, 1979; categorizzazione delle espressioni: dai 4 ai 7 mesi, Bornstein & Arterberry, 2003) e molti studi evidenziano come siano presenti anche per altre classi di oggetti (già i neonati mostrano processi di categorizzazione per forme aperte e chiuse, Quinn, Slater, Brown & Hayes, 2001). Potrebbe essere che i meccanismi di categorizzazione dell'identità facciale che ho trovato riguardino abilità che si sviluppano abbastanza precocemente. Dall'altra parte, i processi legati alla fedeltà della memoria per volti emotivi, potrebbero invece dipendere da meccanismi che si sviluppano più tardivamente. Sarebbe interessante valutare in che fase dello sviluppo sono presenti gli effetti che ho trovato.

Un altro aspetto da approfondire riguarda gli effetti della memoria per volti con valenze emotive diverse. Ci sono evidenze che stimoli positivi e stimoli negativi vengono elaborati in modo diverso (Kensinger, 2009). Studi sull'apprendimento hanno rilevato, ad esempio, che l'arousal causato da emozioni positive facilita sistemi di apprendimento del prototipo mediati da rappresentazioni percettive, e ostacola sistemi di apprendimento legati alla memoria dichiarativa, mentre un arousal negativo inverte questo pattern (Gorlick, & Maddox, 2013). Studi sulla memoria episodica hanno mostrato che l'informazione negativa migliora i processi sensoriali di uno stimolo, mentre quella positiva migliora l'elaborazione concettuale degli stimoli (Kensinger, 2009). Sarebbe interessante in ricerche future valutare se emozioni positive e negative possono modulare alcuni dei processi che abbiamo trovato, come fenomeni di apprendimento implicito per i volti, oppure differenze nella fedeltà della memoria.

Conclusioni

Gli studi che ho svolto hanno mostrato l'esistenza di processi di memoria e apprendimento specifici per i volti. In particolare, ho rilevato che processi che si verificano dopo la fase di codifica percettiva, possono determinare effetti diversi nell'elaborazione delle varie caratteristiche facciali.

Ho rilevato che fenomeni categoriali non influenzano solo la percezione di uno stimolo, ma anche i processi di memoria. La memoria favorisce processi di categorizzazione per i volti ostacolando l'elaborazione delle caratteristiche transienti dei volti che sono irrilevanti per

la categorizzazione. Non è chiaro se questi particolari processi riguardino solo i volti, o possono essere presenti anche per altre classi di oggetti che potrebbero richiedere simili processi di categorizzazione. Tuttavia, i risultati che ho trovato suggeriscono che questi effetti categoriali sulla memoria sono specifici per i volti e in particolare solo per certi attributi facciali, ovvero l'elaborazione degli indizi facciali riguardanti l'identità di un volto.

Ho rilevato, inoltre, che esistono fenomeni di apprendimento implicito per i volti, che sono modulati dalla presenza di informazione emotiva. Ho trovato che l'esposizione passiva a volti con diverse espressioni emotive può migliorare anche giudizi di discriminazione riguardanti l'identità facciale. I processi di apprendimento implicito determinano miglioramenti nella rappresentazione delle caratteristiche irrilevanti dello stimolo, e non sono legati a miglioramenti nell'esecuzione del compito. Nel caso dei volti, i risultati della mia ricerca suggeriscono che il miglioramento delle rappresentazioni riguarda tutte le dimensioni facciali, non è specifico per le caratteristiche mostrate nella fase di training. Tuttavia, la presenza di informazione emotiva è indispensabile per attivare questo tipo di meccanismo.

Infine, ho rilevato che le emozioni possono influenzare in modo diverso la memoria dei volti. Il nostro sistema risulta efficiente nella discriminazione di piccole variazioni tra espressioni facciali; la nostra memoria a breve termine sembra beneficiare dell'influenza dell'informazione emotiva. Questo potrebbe, ad esempio, rendere il nostro sistema più efficiente nel rispondere ad immediate situazioni di minaccia. Se invece si chiede di tenere in memoria per un periodo di tempo più lungo minimi dettagli di uno stimolo emotivo, la nostra memoria risulta essere poco accurata. In questo caso, forse è più opportuno per il nostro sistema, visto che non si tratta di rispondere ad un pericolo imminente, ricordare solo l'informazione generale del volto, per poi essere in grado di generalizzare quell'evento emotivo anche ad altre situazioni simili che potrebbero richiedere uguali risposte comportamentali.

In conclusione, i risultati di queste ricerche evidenziano un aspetto "costruttivo" della nostra memoria. Essa è in grado di estrarre diversi tipi di informazione dalle immagini retiniche per migliorare il nostro riconoscimento degli stimoli (Brady & Alvarez, 2011). Lo studio dei volti è un settore della ricerca importante per capire il funzionamento della memoria. Il volto è uno stimolo speciale che offre una vastità di indizi visivi che possono avere effetti diversi sulla memoria.

Bibliografia

Adini, Y., Sagi, D., & Tsodyks, M. (2002). Context enabled learning in the human visual system. *Nature*, 415, 790-793.

Adini, Y., Wilkonsky, A., Haspel, R., Tsodyks, M., & Sagi, D. (2004). Perceptual learning in contrast discrimination: The effect of contrast uncertainty. *Journal of Vision*, 4, 993-1005.

Adolphs, R., Denburg, N. L., & Tranel, D. (2001). The amygdala's role in long-term declarative memory for gist and detail. *Behavioral Neuroscience*, 115, 983-992.

Ahissar, M., & Hochstein, S. (1993). Attentional control of early perceptual learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 90, 5718-5722.

Allport, G. (1954). *The nature of prejudice*. Cambridge, MA: Addison-Wesley.

Alvarez, G. A., & Cavanagh, P. (2004). The Capacity of Visual Short-Term Memory Is Set Both by Visual Information Load and by Number of Objects. *Psychological Science*, 15, 106-111.

Anastasi, J. S., & Rhodes, M. G. (2005). An own-age bias in face recognition for children and older adults. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 1043-1047.

Anderson, A. K., Yamaguchi, Y., Grabski, W., & Lacka, D. (2006). Emotional memories are not all created equal: Evidence for selective memory enhancement. *Learning & Memory*, 13, 711-718.

Andrews, T. J., & Ewbank, M. P. (2004). Distinct representations for facial identity and changeable aspects of faces in the human temporal lobe. *NeuroImage*, 23, 905-913.

Angeli, A., Davidoff, J., & Valentine, T. (2008). Face familiarity, distinctiveness, and categorical perception. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 690-707.

- Anzures, G., Quinn, P. C., Pascalis, O., Slater, A. M., & Lee, K. (2010). Categorization, categorical perception, and asymmetry in infants' representation of face race. *Developmental Science*, 13, 553-564.
- Anzures, G., Quinn, P. C., Pascalis, O., Slater, A. M., Tanaka, J. W., & Lee, K. (2013). Developmental Origins of the Other-Race Effect. *Current Directions in Psychological Science*, 22, 173-178.
- Atkinson, A. P. & Adolphs, R. (2011). The neuropsychology of face perception: Beyond simple dissociations and functional selectivity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366, 1726-1738.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford, UK: Clarendon Press.
- Baddeley, A. D., & Scott, D. (1971). Short-term forgetting in the absence of proactive inhibition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology A: Human Experimental Psychology*, 23, 275-283.
- Bahrick, H. P., Bahrick, P. O., & Wittlinger, R. P. (1975). Fifty Years of Memory for Names and Faces: A Cross-Sectional Approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 104, 54-75.
- Ball, K., & Sekuler, R. (1987). Direction-specific improvement in motion discrimination. *Vision Research*, 27, 953-965.
- Bankó, E. M., Gál, V., & Vidnyánszky, Z. (2009). Flawless visual short-term memory for facial emotional expressions. *Journal of Vision*, 9, 1-13.
- Barr, D. J., Levy, R., Scheepers, C., & Tilly, H. J. (2013). Random effects structure for confirmatory hypothesis testing: Keep it maximal. *Journal of Memory and Language*, 68, 255-278.
- Bates, D. M., Maechler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2014). lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.0-6. <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>
- Bays, P. M., Catalao, R. F. G., Husain, M. (2009). The precision of visual working memory is set by allocation of a shared resource. *Journal of Vision*, 9, 1-11.
- Bays, P. M., & Husain, M. (2008). Dynamic shifts of limited working memory resources in human vision. *Science*, 321, 851.
- Beale, J. M., & Keil, F. C. (1995). Categorical effects in the perception of faces. *Cognition*, 57, 217-239.

- Bi, T., Chen, N., Weng, Q., He, D., & Fang, F. (2010). Learning to discriminate face views. *Journal of Neurophysiology*, 104, 3305-3311.
- Bornstein, M. H., & Arterberry, M. E. (2003). Recognition, discrimination, and categorization of smiling by 5-month-old infants. *Developmental Science*, 6, 585-599.
- Brady, T. F., & Alvarez, G. A. (2011). Hierarchical Encoding in Visual Working Memory: Ensemble Statistics Bias Memory for Individual Items. *Psychological Science*, 22, 384-392.
- Brady, T. F., Konkle, T., & Alvarez, G. A. (2011). A review of visual memory capacity: Beyond individual items and toward structured representations. *Journal of Vision*, 11, 1-34.
- Brainard, D. H. (1997). The Psychophysics Toolbox. *Spatial Vision*, 10, 433-436.
- Bruce, V. (1994). Stability from variation: the case of face recognition. The M.D. Vernon memorial lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 47A, 5-28.
- Bruce, V., & Langton, S. (1994). The use of pigmentation and shading information in recognising the sex and identities of faces. *Perception*, 23, 803-822.
- Bruce, V., & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77, 305-327.
- Bruce, V., & Young, A. (2012). Recognizing faces. In V. Bruce and A. Young (Eds.) *Face perception* (pp. 253-313). London: Psychology Press.
- Bukach, C. M., Gauthier, I., & Tarr, M. J. (2006). Beyond faces and modularity: the power of an expertise framework. *Trends in Cognitive Sciences*, 10, 159-166.
- Bülthoff, I., & Newell, F. (2004). Categorical perception of sex occurs in familiar but not unfamiliar faces. *Visual Cognition*, 11, 823-855.
- Burton, A. M., Jenkins, R., Hancock, P. J. B., & White, D. (2005). Robust representations for face recognition. The power of averages. *Cognitive Psychology*, 51, 256-284.
- Burton, A. M., Jenkins, R., & Schweinberger, S. R. (2011). Mental representations of familiar faces. *British Journal of Psychology*, 102, 943-958.
- Bushnell, I., Sai, F., & Mullin, J. (1989). Neonatal recognition of mother's face. *British Journal of Developmental Psychology*, 7, 3-15.
- Byatt, G., & Rhodes, G. (2004). Identification of own-race and other-race faces: Implications for the representation of race in face-space. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11, 735-741.

- Caharel, S., Courtay, N., Bernard, C., Lalonde, R., & Rebai, M. (2005). Familiarity and emotional expression influence an early stage of face processing: an electrophysiological study. *Brain Cognition*, 59, 96-100.
- Calder, A. J., & Young, A. W. (2005). Understanding the recognition of facial identity and facial expression. *Nature Review Neuroscience*, 6, 641-651.
- Calder, A. J., Young, A. W., Perrett, D. I., Etcoff, N. L., & Rowland, D. (1996a). Categorical perception of morphed facial expressions. *Visual Cognition*, 3, 81-7.
- Calder, A. J., Young, A. W., Rowland, D., Perrett, D. I., Hodges, J. R., & Etcoff, N. L. (1996b). Facial emotion recognition after bilateral amygdala damage: Differentially severe impairment of fear. *Cognitive Neuropsychology*, 13, 699-745.
- Calvo, M. G., & Nummenmaa, L. (2008). Detection of emotional faces: salient physical features guide effective visual search. *Journal of Experimental Psychology: General*, 137, 471.
- Carey, S. (1992). Becoming a Face Expert. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 335, 95-103.
- Cassidy, K. D., Boutsen, L., Humphreys, G. W., & Quinn, K. A. (2014). Ingroup categorization affects the structural encoding of other-race faces : evidence from the N170 event-related potential. *Social neuroscience*, 9, 235-248.
- Caudek, C. (2013). The fidelity of visual memory for faces and non-face objects. *Acta Psychologica*, 143, 40-51.
- Caudek, C. (2014). Individual differences in cognitive control on self-referenced and other-referenced memory. *Consciousness and Cognition*, 30, 169-183.
- Caudek, C., & Domini, F. (2013). Priming effects under correct change detection and change blindness. *Consciousness and Cognition*, 22, 290-305.
- Caudek, C., & Lorenzino, M. (2012). Recognition memory is more accurate when faces are inverted than when they are upright. *Journal of Vision*, 12, 630.
- Caudek, C., & Monni, A. (2013). Do you remember your sad face? The roles of negative cognitive style and sad mood. *Memory*, 21, 891-903.
- Ceccarini, F., & Caudek, C. (2013). Anger superiority effect: The importance of dynamic emotional facial expressions. *Visual Cognition*, 21, 498-540.

- Chang, L. H., Yotsumoto, Y., Salat, D. H., Andersen, G. J., Watanabe, T., & Sasaki, Y. (2015). Reduction in the retinotopic early visual cortex with normal aging and magnitude of perceptual learning. *Neurobiology of Aging*, 36, 315-322.
- Chen, X., Sanayei, M., & Thiele, A. (2013). Perceptual learning of contrast discrimination in macaca mulatta. *Journal of Vision*, 13, 1-15.
- Cohen Kadosh, K., Henson, R. N. A., Cohen Kadosh, R., Johnson, M. H., & Dick, F. (2010). Task-dependent activation of face-sensitive cortex: An fMRI adaptation study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22, 903-917.
- Cohen, L. B., & Strauss, M. S. (1979). Concept acquisition in the human infant. *Child Development*, 50, 419-424.
- Cousineau, D. (2005). Confidence intervals in within-subject designs: A simpler solution to Loftus and Masson's method. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, 1, 42-45.
- Curby K. M., & Gauthier, I. (2007). A visual short-term memory advantage for faces. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14, 620-628.
- Curby, K. M., Johnson, K. J., & Tyson, A. (2012). Face to face with emotion: Holistic face processing is modulated by emotional state. *Cognition and Emotion*, 26, 93-102.
- D'Argembeau, A., & Van der Linden, M. (2007). Facial expressions of emotion influence memory for facial identity in an automatic way. *Emotion*, 3, 507-515.
- D'Argembeau, A., Van der Linden, M., Comblain, C., & Etienne, A.-M. (2003). The effects of happy and angry expressions on identity and expression memory for unfamiliar faces. *Cognition & Emotion*, 17, 609-622.
- de Haan, M., Pascalis O., & Johnson, M. H. (2002). Specialization of neural mechanisms underlying face recognition in human infants. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 199-209.
- Dehon, H., & Brédart, S. (2001). An "other-race" effect in age estimation from faces. *Perception*, 30, 1107-1113.
- Dennett, H. W., McKone, E., Edwards, M., & Susilo, T. (2012). Face aftereffects predict individual differences in face recognition ability. *Psychological Science*, 23, 1279-1287.
- Dewhurst, S. A. & Parry, L. A. (2000). Emotionality, distinctiveness, and recollective experience. *European Journal of Cognitive Psychology*, 12, 541-551.
- Dolan, R. J. (2002). Emotion, Cognition, and Behavior. *Science*, 298, 1191-1194.

- Dolcos, F., & Denkova, E. (2014). Current Emotion Research in Cognitive Neuroscience: Linking Enhancing and Impairing Effects of Emotion on Cognition. *Emotion Review*, 6, 362-375.
- Dolcos, F., LaBar, K. S., & Cabeza, R. (2004). Interaction between the amygdala and the medial temporal lobe memory system predicts better memory for emotional events. *Neuron*, 42, 855-863.
- Dzhafarov, E. N., & Colonius, H. (1999). Fechnerian metrics in unidimensional and multidimensional stimulus spaces. *Psychonomic Bulletin & Review*, 6, 239-268.
- Ebner, N. C., Riediger, M., & Lindenberger, U. (2010). FACES—A database of facial expressions in young, middle-aged, and older women and men: Development and validation. *Behavior Research Methods*, 42, 351-362.
- Ekman, P., & Friesen, W. V. (1975). *Unmasking the face*. NJ: Prentice Hall Englewood Cliffs.
- Elfenbein, H. A., & Ambady, N. (2002). On the universality and cultural specificity of emotion recognition: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 128, 203-235.
- Fahle, M. (1997). Specificity of learning curvature, orientation, and vernier discriminations. *Vision Research*, 37, 1885-1895.
- Fahle, M. (2005). Perceptual learning: specificity versus generalization. *Current Opinion in Neurobiology*, 15, 154-160.
- Fallshore, M., & Bartholow, J. R. (2003). Recognition of emotion from inverted schematic drawings of faces. *Perceptual and Motor Skills*, 96, 236-244.
- Fendick, M., & Westheimer, G. (1983). Effects of practice and the separation of test targets on foveal and peripheral stereoacuity. *Vision Research*, 23, 145-150.
- Fox, C. J., Hanif, H. M., Iaria, G., Duchaine, B., & Barton, J. J. S. (2011). Perceptual and anatomic patterns of selective deficits in facial identity and expression processing. *Neuropsychologia*, 49, 3188-200.
- Fox, C. J., Moon, S. Y., Iaria, G., & Barton, J. J. (2009). The correlates of subjective perception of identity and expression in the face network: An fMRI adaptation study. *NeuroImage*, 44, 569-580.
- Fox, C. J., Oruç, I., & Barton, J. J. (2008). It doesn't matter how you feel. The facial identity aftereffect is invariant to changes in facial expression. *Journal of Vision*, 11, 1-13.

- Friston, K. J., Tononi, G., Reeke Jr., G. N., Sporns, O., & Edelman, G. M. (1994). Value-dependent selection in the brain: simulation in a syntetic neural model. *Neuroscience*, 59, 229-243.
- Fu, Y., & Zheng, N. (2006). "M-Face: An Appearance-Based Photorealistic Model for Multiple Facial Attributes Rendering". *IEEE Transaction Circuits and Systems for Video Technology*, 16, 830-842.
- Furmanski, C. S., & Engel, S. A. (2000). Perceptual learning in object recognition: object specificity and size invariance. *Vision Research*, 40, 473-484.
- Gallegos, D. R., & Tranel, D. (2005). Positive facial affect facilitates the identification of famous faces. *Brain & Language*, 93, 338-348.
- Ganel, T., & Goshen-Gottstein, Y. (2004). Effects of familiarity on the perceptual integrity of the identity and expression of faces: The parallel route hypothesis revisited. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 30, 583-597.
- Gauthier, I., & Bukach, C. M. (2006). Should we reject the expertise hypothesis?. *Cognition*, 103, 322-330.
- Gauthier, I., & Tarr, M. J. (1997). Becoming a "Greeble" expert: Exploring mechanisms for face recognition. *Vision Research*, 37, 1673-1682.
- Germine, L. T., Duchaine, B., & Nakayama, K. (2011). Where cognitive development and aging meet: Face learning ability peaks after age 30. *Cognition*, 118, 201-210.
- Gibson, E. J. (1963). Perceptual learning. *Annual Review of Psychology*, 14, 29-56.
- Gölcü, D., & Gilbert, C. D. (2009). Perceptual learning of object shape. *Journal of Neuroscience*, 29, 13621-13629.
- Goldstone, R. L. (1998). Perceptual learning. *Annual Review of Psychology*, 49, 585-612.
- Gorlick, M. A., & Maddox, W. T. (2013). Priming for performance: valence of emotional primes interact with dissociable prototype learning systems. *PLoS ONE*, 8: e60748.
- Gothard, K. M., Battaglia, F. P., Erickson, C. A., Spitler, K. M., & Amaral, D. G. (2007). Neural responses to facial expression and face identity in the monkey amygdala. *Journal of Neurophysiology*, 97, 1671-1683.
- Gureckis, T. M., & Goldstone, R. L. (2008). The effect of the internal structure of categories on perception. In B. C. Love, K. McRae, & V. M. Sloutsky (Eds.), *Proceedings of the Thirtieth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (p. 1876-1881). Austin, TX: Cognitive Science Society.

- Hancock, K. J., & Rhodes, G. (2008). Contact, configural coding, and the other-race effect in face recognition. *British Journal of Psychology*, 99, 45-56.
- Harnad, S. (1987). Introduction: psychological and cognitive aspects of categorical perception: a critical overview. In S. Harnad (Ed.), *Categorical perception: The groundwork of cognition*. New York: Cambridge University Press.
- Harris, H., Gliksberg, M., & Sagi, D. (2012). Generalized perceptual learning in the absence of sensory adaptation. *Current Biology*, 22, 1813-1817.
- Harris, R. J., Young, A. W., & Andrews, T. J. (2012). Morphing between expressions dissociates continuous from categorical representations of facial expression in the human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109, 21164-21169.
- Harris, R. J., Young, A. W., & Andrews, T. J. (2014). Brain regions involved in processing facial identity and expression are differentially selective for surface and edge information. *NeuroImage*, 97, 217-223.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 223-233.
- Heisz, J. J., & Schore, D. I. (2008) More efficient scanning for familiar faces. *Journal of Vision*, 8, 1-10.
- Hodsoll, S., Viding, E., & Lavie, N. (2011). Attentional Capture by Irrelevant Emotional Distractor Faces. *Emotion*, 11, 346-353.
- Holt, D. J., Boeke, E. A., Wolthusen, R. P. F., Nasr, S., Milad, M. R., & Tootell, R. B. H. (2014). A parametric study of fear generalization to faces and non-face objects: relationship to discrimination thresholds. *Frontiers in Human Neurosciences*, 8, 1-12.
- Huang, T., & Watanabe, T. (2012). Task attention facilitates learning of task-irrelevant stimuli. *PLoS ONE*, 7, e35946.
- Hugenberg, K., Young, S. G., Bernstein, M. J. & Sacco, D. F. (2010). The Categorization-Individuation Model: An Integrative Account of the Other Race Recognition Deficit. *Psychological Review*, 117, 1168-1187.
- Hussain, Z., Sekuler, A. B., & Bennett, P. J. (2009). Perceptual learning modifies inversion effects for faces and textures. *Vision Research*, 49, 2273-2284.
- Ihssen, N., & Keil, A. (2008). The costs and benefits of processing emotional stimuli during rapid serial visual identification. *Cognition and Emotion*, 23, 296-326.

- Jordan, A. D., Dolcos, S., & Dolcos, F. (2013). Neural signatures of the response to emotional distraction: A review of evidence from brain imaging investigations. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 200.
- Jackson, M. C., Linden, D. E. J., & Raymond, J. E. (2012). "Distracters" do not always distract: visual working memory for angry faces is enhanced by incidental emotional words. *Frontiers in Psychology*, 3, 1-9.
- Jackson, M. C., Linden, D. E. J., & Raymond, J. E. (2014). Angry expressions strengthen the encoding and maintenance of face identity representations in visual working memory. *Cognition & Emotion*, 28, 278-297.
- Jackson, M. C., Wu, C-Y., Linden, D. E. J., & Raymond, J. E. (2009). Enhanced visual short-term memory for angry faces. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 35, 363-374.
- Jaeger, T. F. (2008). Categorical Data Analysis: Away from ANOVAs (transformation or not) and towards Logit Mixed Models. *Journal of Memory and Language*, 59, 434-446.
- Karnadewi, F., & Lipp, O. V. (2011). The Processing of Invariant and Variant Face Cues in the Garner Paradigm. *Emotion*, 11, 563-571.
- Karni, A., & Sagi, D. (1991). Where practice makes perfect in texture discrimination: evidence for primary visual cortex plasticity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 88, 4966-4970.
- Kaufmann, J. M., & Schweinberger, S. R. (2004). Expression influences the recognition of familiar faces. *Perception*, 33, 399-408.
- Kelly, D. J., Liu, S., Lee, K., Quinn, P. C., Pascalis, O., Slater, A. M., & Ge, L. (2009). Development of the other-race effect during infancy: Evidence toward universality? *Journal of experimental child psychology*, 104, 105-114.
- Kensinger, E. A. (2007). Negative Emotion Enhances Memory Accuracy. Behavioral and Neuroimaging Evidence. *Current Directions in Psychological Science*, 16, 213-218.
- Kensinger, E. A. (2009). Remembering the Details: Effects of Emotion. *Emotion Review*, 1, 99-113.
- Kensinger, E. A., & Schacter, D. L. (2005). Retrieving accurate and distorted memories: Neuroimaging evidence for effects of emotion. *Neuroimage*, 27, 167-177.
- Kensinger, E. A., & Schacter, D. L. (2006). Amygdala activity is associated with the successful encoding of item, but not source, information for positive and negative stimuli. *Journal of Neuroscience*, 26, 2564-2570.

- Kuhbandner, C., Spitzer, B., & Pekrun, R. (2011). Read-out of emotional information from iconic memory: the longevity of threatening stimuli. *Psychological Science*, 22, 695-700.
- Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., & Christensen, R. H. B. (2014). lmerTest: Tests for random and fixed effects for linear mixed effect models (lmer objects of lme4 package). R package version 2.0-6. <http://CRAN.R-project.org/package=lmerTest>
- Langeslag, S. J. E., Morgan, H. M., Jackson, M. C., Linden, D. E. J., & Van Strien, J. W. (2009). Electrophysiological correlates of improved short-term memory for emotional faces. *Neuropsychologia*, 47, 887-896.
- Langner, O., Dotscha, R., Bijlstraa, G., Wigboldusa, D. H. J., Hawkb, S. T., & van Knippenberga, A. (2010). Presentation and validation of the Radboud Faces Database. *Cognition & Emotion*, 8, 1377-1388.
- Leal, S. L., Tighe, S. K., & Yassa, M. A. (2014). Asymmetric effects of emotion on mnemonic interference. *Neurobiology of Learning and Memory*, 111, 41-48.
- Levin, D. T. (2000). Race as a visual feature: Using visual search and perceptual discrimination tasks to understand face categories and the cross-race recognition deficit. *Journal of Experimental Psychology: General*, 129, 559-574.
- Levy, Y., & Bentin, S. (2008). Interactive processes in matching identity and expressions of unfamiliar faces: Evidence for mutual facilitation effects. *Perception*, 37, 915-940.
- Liberman, A. M., Harris, K. S., Eimas, P. D., Lisker, L., & Bastian, J. (1957). The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries. *Journal of Experimental Psychology*, 54, 358-368.
- LoPresti, M. L., Schon, K., Tricarico, M. D., Swisher, J. D., Celone, K. A., & Stern, C. E. (2008). Working memory for social cues recruits orbitofrontal cortex and amigdala: a functional magnetic resonance imaging study of delayed matching to sample for emotional expressions. *Journal of Neuroscience*, 28, 3718-3728.
- Lorenc, E. S., Pratte, M. S., Angeloni, C. F. & Tong, F. (2014). Expertise for upright faces improves the precision but not the capacity of visual working memory. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 76, 1975-1984.
- Lorenzino, M., & Caudek, C. (2014). Facial Emotions Improve Face Discrimination Learning. In Paolo Bernardis, Carlo Fantoni, Walter Gerbino (eds.) *"TSPC2014. Proceedings of the Trieste Symposium on Perception and Cognition, November 27-28"* (pp. 72-75), Trieste: EUT Edizioni Università di Trieste.

- Lorenzino, M., & Caudek, C. (in press). Task-irrelevant emotion facilitates face discrimination learning. *Vision Research*.
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279-281.
- Lundqvist, D., Flykt, A., & Öhman, A. (1998). The Karolinska Directed Emotional Faces - KDEF, CD ROM from Department of Clinical Neuroscience, Psychology section, Karolinska Institutet, ISBN 91-630-7164-9.
- MacLin, O. H., & Malpass, R. S. (2001). Racial categorization of faces: The ambiguous race face effect. *Psychology, Public Policy, and Law*, 7, 98-118.
- Malpass, R. S., & Kravitz, J. (1969). Recognition of faces of own and other race. *Journal of Personality and Social Psychology*, 13, 330-334.
- Mather, M. (2007). Emotional arousal and memory binding: An object-based framework. *Perspectives on Psychological Science*, 2, 33-52.
- Mather, M., & Sutherland, M. R. (2011). Arousal-biased competition in perception and memory. *Perspectives on Psychological Science*, 6, 114-133.
- Maurer, D., Le Grand, R., & Mondloch, C. J. (2002). The many faces of configural processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 6, 255-260.
- McGaugh, J. L. (2004). The amygdala modulates the consolidation of memories of emotionally arousing experiences. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 1-28.
- McGugin, R., Tanaka J. W., Lebrecht, S., Tarr, M. J., & Gauthier, I. (2011). Race-specific perceptual discrimination improvement following short individuation training with faces. *Cognitive Science*, 35, 330-347.
- McKelvie, S. J. (1995). Emotional expression in upside-down faces: Evidence for configural and componential processing. *British Journal of Social Psychology*, 34, 325-334.
- McKone, E., Crookes, K., Jeffery, L., & Dilks, D. D. (2012). A critical review of the development of face recognition: experience is far less important than previously believed. *Cognitive Neuropsychology*, 29, 174-212.
- Meissner, C. A., & Brigham, J. C. (2001). Thirty years of investigating the own-race bias in memory for faces: A meta-analytic review. *Psychology, Public Policy, and Law*, 7, 3-35.

- Meissner, C. A., Brigham, J. C., & Butz, D. A. (2005). Memory for own- and other-race faces: A dual-process approach. *Applied Cognitive Psychology*, 19, 545-567.
- Michel, C., Caldara, R., & Rossion, B. (2006a). Same-race faces are perceived more holistically than other-race faces. *Visual Cognition*, 14, 55-73.
- Michel, C., Rossion, B., Han, J., Chung, C. & Caldara, R. (2006b). Holistic processing is finely tuned for faces of our own race. *Psychological Science*, 17, 608-615.
- Michel, M. M., & Jacobs, R. A. (2008). Learning optimal integration of arbitrary features in a perceptual discrimination task. *Journal of Vision*, 8, 1-16.
- Mondloch, C. J., Elms, N., Maurer, D., Rhodes, G., Hayward, W. G., Tanaka, J. W., & Zhou, G. (2010). Processes underlying the cross-race effect: An investigation of holistic, featural, and relational processing of own-race versus other-race faces. *Perception*, 39, 1065-1085.
- Mondloch, C. J., Segalowitz, S. J., Lewis, T. L., Dywan, J., Le Grand, R., & Maurer, D. (2013). The effect of early visual deprivation on the development of face detection. *Developmental Science*, 16, 728-742.
- Morey, R. D. (2008). Confidence intervals from normalized data: A correction to Cousineau (2005). *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, 4, 61-64.
- Neta, M. & Whalen, P. J. (2011). Individual differences in neural activity during a facial expression vs. identity working memory task. *Neuroimage*, 56, 1685-1692.
- Neth, D., & Martinez, A. M. (2009). Emotion perception in emotionless face images suggests a norm-based representation. *Journal of Vision*, 9, 1-11.
- Nishimura, M., & Maurer, D. (2008). The effect of categorization on sensitivity to second-order relations in novel objects. *Perception*, 37, 584-601.
- Nosofsky, R. M. (1986). Attention, similarity, and the identification-categorization relationship. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115, 39-57.
- Ogasawara, H., Doi, T., & Kawato, M. (2008). Systems biology perspectives on cerebellar long-term depression. *Neurosignals*, 16, 300-317.
- Ohman, A., Lundqvist, D., & Esteves, F. (2001). The face in the crowd revisited: A threat advantage with schematic stimuli. *Journal of Personality and Social Psychology*, 80, 381-396.
- Oruç, I., & Barton, J. J. S. (2011). Adaptation improves discrimination of face identity. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Science*, 278, 2591-2597.

- O'Toole, A. J., Peterson, J., & Deffenbacher, K. A. (1996). An other-race effect for classifying faces by sex. *Perception*, 25, 669-675.
- Pallett, P. M., & Meng, M. (2013). Contrast negation differentiates visual pathways underlying dynamic and invariant facial processing. *Journal of Vision*, 13, 1-18.
- Pascalis, O., de Schonen, S., Morton, J., Deruelle, C., & Fabre-Grenet, M. (1995). Mother's face recognition in neonates: A replication and an extension. *Infant Behaviour and development*, 18, 79-85.
- Peissig, J. J., & Tarr, M. J. (2007). Visual object recognition: Do we know more now than we did 20 years ago? *Annual Review of Psychology*, 58, 75-96.
- Pelli, D. G. (1997). The VideoToolbox software for visual psychophysics: transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10, 437-442.
- Phan, M., & Ni, R. (2011). Training older adults to improve their contrast sensitivity: A possible or impossible task? *Journal of Vision*, 11, 1027.
- Phelps, E. A., Ling, S., & Carrasco, M. (2006). Emotion facilitates perception and potentiates the perceptual benefits of attention. *Psychological Science*, 17, 292-299.
- Pollak, S. D., Messner, M., Kistler, D. J., & Cohn, J. F. (2013). Development of perceptual expertise in emotion recognition. *Cognition*, 110, 242-247.
- Pollux, P. M. J., Hall, S., & Guo, K. (2014). Facial Expression Training Optimises Viewing Strategy in Children and Adults. *PLoS ONE*, 9:e105418.
- Pourtois, G., Grandjean, D., Sander, D., & Vuilleumier, P. (2004). Electrophysiological correlates of rapid spatial orienting towards fearful faces. *Cerebral Cortex*, 14, 619-633.
- Prkachin, G. (2003). The effects of orientation on detection and identification of facial expressions of emotions. *British Journal of Psychology*, 94, 45-62.
- Psalta, L., & Andrews, T. J. (2014). Inversion improves the recognition of facial expression in thatcherized images. *Perception*, 43, 715-730.
- Quinn, P. C., Slater, A. M., Brown, E., & Hayes, R. A. (2001). Developmental change in form categorization in early infancy. *British Journal of Developmental Psychology*, 19, 207-218.
- Rhodes, G., Hayward, W. G., & Winkler, C. (2006). Expert face coding: Configural and component coding of own-race and other-race faces. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 499-505.

- Rhodes, G., Locke, V., Ewing, L., & Evangelista, E. (2009). Race coding and the other-race effect in face recognition. *Perception*, 38, 232-241.
- Richter-Levin, G., & Akirav, I. (2003). Emotional tagging of memory information - in the search for neural mechanisms. *Brain Research Reviews*, 43, 247-256.
- Ritchey, M., Dolcos, F., & Cabeza, R. (2008). Role of amygdala connectivity in the persistence of emotional memories over time: An event-related fMRI investigation. *Cerebral Cortex*, 18, 2494-2504.
- Röder, C. H., Mohr, H., & Linden, D. E. J. (2011). Retention of identity versus expression of emotional faces differs in the recruitment of limbic areas. *Neuropsychologia*, 49, 444-453.
- Rodin, M. J. (1987). Who is memorable to whom: A study of cognitive disregard. *Social Cognition*, 5, 144-165.
- Rossion, B. (2009). Distinguishing the cause and consequence of face inversion: the perceptual field hypothesis. *Acta Psychologica*, 132, 300-312.
- Rossion, B. (2014). Understanding individual face discrimination by means of fast periodic visual stimulation. *Experimental Brain Research*, 232, 1599-1621.
- Rossion, B. & Gauthier, I. (2002). How does the brain process upright and inverted faces? *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 1, 63-75.
- Rossion, B., & Michel, C. (2011). An experienced-based holistic account of the other-race face effect. In A. Calder, G. Rhodes, J. V. Haxby & M. Johnson (Eds.), *The Oxford handbook of face perception* (pp. 215-244). Oxford, U.K.: Oxford University Press.
- Rostamirad, S., Barton, J. J. S., & Oruç, I. (2009). Center surround organization of face-space: evidence from contrast-based face-priming. *Neuroreport*, 20, 1177-1182.
- Rotshtein, P., Henson, R. N. A., Treves, A., Driver, J. & Dolan R. J. (2005). Morphing Marilyn into Maggie dissociates physical and identity face representations in the brain. *Nature Neuroscience*, 8, 107-113.
- Rozin, P., Lowery, L., & Ebert, R. (1994). Varieties of disgust faces and the structure of disgust. *Journal of Personality and Social Psychology*, 66, 870-881.
- Russell, R., Sinha, P., Biederman, I., & Nederhouser, M. (2006). Is pigmentation important for face recognition? Evidence from contrast negation. *Perception*, 35, 749-759.
- Sandford, A., & Burton, A. M. (2014). Tolerance for distorted faces: Challenges to a configural processing account of familiar face recognition. *Cognition*, 132, 262-268.

- Sasaki, Y., Náñez, J. E., & Watanabe, T. (2010). Advances in visual perceptual learning and plasticity. *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 53-60.
- Schoups, A., Vogels, R., & Orban, G. A. (1995). Human perceptual learning in identifying the oblique orientation: Retinotopy, orientation specificity and monocularly. *Journal of Physiology*, 483, 797-810.
- Schweinberger, S. R., & Soukup, G. R. (1998). Asymmetric relationships among perceptions of facial identity, emotion, and facial speech. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24, 1748-1765.
- Scott, L. S., Shannon R. W., & Nelson, C. A. (2006). Neural Correlates of Human and Monkey Face Processing in 9-Month-Old Infants. *Infancy*, 10, 171-186.
- Scott, L. S., Tanaka, J. W., Sheinberg, D. L., & Curran, T. (2006). A reevaluation of the electrophysiological correlates of expert object processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, 1453-1465.
- Seitz, A. R., & Watanabe, T. (2003). Is subliminal learning really passive? *Nature*, 422, 36.
- Seitz, A. R., & Watanabe, T. (2009). The phenomenon of task-irrelevant perceptual learning. *Vision Research*, 49, 2604-2610.
- Sekuler, A. B., Gaspar, C. M., Gold, J. M., & Bennett, P. J. (2004). Inversion leads to quantitative, not qualitative, changes in face processing. *Current Biology*, 14, 391-396.
- Sessa, P., Luria, R., Gotler, A., Jolicoeur, P., & Dell'Acqua, R. (2011). Interhemispheric ERP asymmetries over inferior parietal cortex reveal differential visual working memory maintenance for fearful versus neutral facial identities. *Psychophysiology*, 48, 187-197.
- Shimamura, A. P., Ross, J., & Bennett, H. (2006). Memory for facial expressions: The power of a smile. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 217-222.
- Sporer, S. L. (2001). The cross-race effect: Beyond recognition of faces in the laboratory. *Psychology, Public Policy and Law*, 7, 170-200.
- Su, J., Tan, Q., & Fang, F. (2013). Neural correlates of face gender discrimination learning. *Experimental Brain Research*, 225, 569-578.
- Suchow, J. W., & Pelli, D. G. (2005). Learning to identify letters: Generalization in high-level perceptual learning. *Journal of Vision*, 5, 712.
- Tanaka, J. W., Curran, T., & Sheinberg, D. L. (2005). The training and transfer of real-world perceptual expertise. *Psychological Science*, 16, 145-151.

- Tanaka, J. W., & Farah, M. J. (1993). Parts and wholes in face recognition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A, 225-245.
- Tanaka, J. W., Kiefer, M., & Bukach, C. M. (2004). A holistic account of the own-race effect in face recognition: Evidence from a cross-cultural study. *Cognition*, 93, B1-B9.
- Tanaka, J. W., & Taylor, M. (1991). Object categories and expertise: Is the basic level in the eye of the beholder? *Cognitive Psychology*, 23, 457-482.
- Tsushima, Y., Seitz, A. R., & Watanabe, T. (2008). Task-irrelevant learning occurs only when the irrelevant feature is weak. *Current Biology*, 18, 516-517.
- Valentine, T. (1991). A unified account of the effects of distinctiveness, inversion and race on face recognition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43A, 161-204.
- Valentine, T., & Endo, M. (1992). Towards an exemplar model of face processing: The effects of race and distinctiveness. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A: Human Experimental Psychology*, 44A, 671-703.
- Vilsten, J. S., & Mundy, M. E. (2014). Imaging early consolidation of perceptual learning with face stimuli during rest. *Brain and Cognition*, 85, 170-179.
- Wang, R., Li, J., Fang, H., Tian, M., & Liu, J. (2012). Individual differences in holistic processing predict face recognition ability. *Psychological Science*, 23, 169-177.
- Watanabe, N., Sakagami, M., & Haruno, M. (2013). Reward prediction error signal enhanced by striatum-amygdala interaction explains the acceleration of probabilistic reward learning by emotion. *The Journal of Neuroscience*, 33, 4487-4493.
- Watanabe, T., Náñez, J. E., Koyama, S., Mukai, I., Liederman, J., & Sasaki, Y. (2002). Greater plasticity in lower-level than higher-level visual motion processing in a passive perceptual learning task. *Nature Neuroscience*, 5, 1003-1009.
- Watanabe, T., Náñez, J. E., & Sasaki, Y. (2001). Perceptual learning without perception. *Nature*, 413, 844-848.
- Watanabe, T. & Sasaki, Y. (2015). Perceptual learning: Toward a comprehensive theory. *Annual Review of Psychology*, 66, 197-221.
- Watson, A. B., & Pelli, D. G. (1983). QUEST: A Bayesian adaptive psychometric method. *Perception & Psychophysics*, 33, 113-120.
- Weigelt, S., Koldewyn, K., Dilks, D. D., Balas, B., McKone, E., & Kanwisher, N. (2014). Domain-specific development of face memory but not face perception. *Developmental Science*, 17, 47-58.

- White, M. (2001). Effect of photographic negation on matching the expressions and identities of faces. *Perception*, 30, 969-981.
- Wichmann, F. A., & Hill, N. J. (2001). The psychometric function: I. Fitting, sampling, and goodness of fit. *Perception & Psychophysics*, 63, 1293-1313.
- Wilson, H. R., & Diaconescu, A. (2006). Learning alters local face space geometry. *Vision Research*, 46, 4143-4151.
- Winston, J. S., Henson, R. N. A., Fine-Goulden, M. R., & Dolan, R. J. (2004). fMRI-Adaptation Reveals Dissociable Neural Representations of Identity and Expression in Face Perception. *Journal of Neurophysiology*, 92, 1830-1839.
- Wilken, P., & Ma, W. J. (2004). A detection theory account of change detection. *Journal of Vision*, 4, 1120-1135.
- Wong, Y. K., Folstein, J. R., & Gauthier, I. (2012). The nature of experience determines object representations in the visual system. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141, 682-698.
- Wright, D. B., Horry, R., & Skagerberg, E. M. (2009). Functions for traditional and multilevel approaches to signal detection theory. *Behavior Research Methods*, 41, 257-267.
- Xiao, L. Q., Zhang, J. Y., Wang, R., Klein, S. A., Levi, D. M., & Yu, C. (2008). Complete transfer of perceptual learning across retinal locations enabled by double training. *Current Biology*, 18, 1922-1926.
- Xu, X. & Biedermann, I. (2010). Loci of the release from fMRI adaptation for changes in facial expression, identity and viewpoint. *Journal of Vision*, 36, 1-13.
- Yin, R. K. (1969). Looking at upside-down faces. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 141-145.
- Yu, C., Klein, S. A., & Levi, D. M. (2004). Perceptual learning in contrast discrimination and the (minimal) role of context. *Journal of Vision*, 4, 169-182.
- Zhang, J.-Y., Zhang, G.-L., Xiao, L.-Q., Klein, S., Levi, D., & Yu, C. (2010). Rule-based learning explains visual perceptual learning and its specificity and transfer. *Journal of Neuroscience*, 30, 12323-12328.
- Zhang, W., & Luck, S. J. (2008). Discrete fixed-resolution representations in visual working memory. *Nature*, 452, 233-235.