



UNIVERSITÀ DI PADOVA

**Dipartimento di Psicologia Generale
Dipartimento di Psicologia dello sviluppo e dei processi di socializzazione**

**Corso di laurea magistrale Neuroscienze e Riabilitazione
Neuropsicologica**

Tesi di laurea magistrale

**L'induzione del sorriso stabilizza la consapevolezza visiva di stimoli
positivi in condizione di rivalità binoculare**

**Induced Smiling Stabilizes Visual Awareness of Positive Images During
Binocular Rivalry**

**Relatrice
Prof.ssa *Paola Sessa***

**Laureanda: Alessandra Narcisi
Matricola: 2091463**

Anno Accademico 2026/2027

Sommario

Capitolo 1- Il ruolo del corpo nell'elaborazione emotiva: una prospettiva embodied	3
1.1 Dalle teorie classiche alle teorie di embodiment	3
1.2 Il corpo come agente attivo nei processi cognitivi	6
1.3 Emozione incarnata.....	9
Capitolo 2- FFH e SMS: fondamenti teorici e implicazioni interpretative	12
2.1 Facial Feedback Hypothesis.....	12
2.2 Sensorimotor Simulation Theory	16
2.3 Predizioni convergenti, meccanismi divergenti.....	20
Capitolo 3 -La consapevolezza visiva: fondamenti teorici e paradigmi sperimentali.....	24
3.1 La coscienza: definizione e basi neurali	24
3.2 Rivalità binoculare nel contesto delle emozioni	28
Capitolo 4- Lo studio: dalla teoria alla verifica sperimentale	33
4.1 Ipotesi di ricerca.....	33
4.2 Metodologia	35
4.2.1 Partecipanti.....	35
4.2.2 Materiali e apparato.....	36
4.2.3 Procedura.....	38
4.3 Risultati	40
4.3.1 Elaborazione dei dati e approccio analitico.....	40
4.3.2 Analisi dei dati	41
4.3.3 Analisi statistica	43
Capitolo 5- Discussione e Conclusioni	46
5.1 Sintesi.....	46
5.2 Discussione dei risultati	47
5.3 Conclusioni	48
Bibliografia	50

Capitolo 1

Il ruolo del corpo nell'elaborazione emotiva: una prospettiva embodied

1.1 Dalle teorie classiche alle teorie di embodiment

La storia delle scienze cognitive è stata a lungo dominata da una concezione della mente profondamente influenzata dal dualismo cartesiano: la concezione filosofica secondo cui mente (*res cogitans*) e corpo (*res extensa*) sono sostanze di natura fundamentally diversa, separate e indipendenti l'una dall'altra. Proseguendo su questa linea, per comprendere la mente e il pensiero, non sarebbe necessario tenere in considerazione il corpo. Il modello teorico della psicologia cognitiva e, in particolar modo, il paradigma *HIP* (human information processing) sono stati fortemente influenzati da questa eredità filosofica. Questa prospettiva teorica postula che la mente umana possa essere intesa come un sistema di elaborazione delle informazioni, dove i processi cognitivi di basso e alto livello, come il pensiero, la percezione e la memoria, sono essenzialmente computazioni su rappresentazioni simboliche (Fodor, 1975; Pylyshyn, 1984). Secondo il primo filone degli studi sul pensiero e sul ragionamento, all'interno del modello teorico della “*Teoria classica dei Concetti*”, le rappresentazioni modali nei sistemi cerebrali per la percezione, che si attivano quando esperiamo il mondo, sono trasdotte in rappresentazioni simboliche amodali, ovvero slegate dai sensi attraverso cui l'informazione è stata acquisita, fungendo da contenitori di conoscenze categoriali. Esse sono il prodotto di una traduzione dal linguaggio sensorimotorio dell'esperienza corporea a un linguaggio indipendente dalle modalità

sensoriali, astratto e indipendente da input sensoriali. Il significato di un concetto risulta essere indipendente dall'immagine visiva dell'oggetto, dal suo profumo o dal suo sapore o colore: è una struttura del tutto svincolata dall'esperienza incarnata (Caruana e Borghi, 2013). Il corpo, in questa visione, svolge un ruolo periferico e superficiale: i sistemi sensorimotori sono coinvolti nella comprensione della cognizione solo nella misura in cui forniscono input sensoriali e consentono output comportamentali. Questa idea di compartimentazione del corpo e della mente è resa ancor più chiara dalla metafora del sandwich mentale. La filosofa e scienziata cognitiva Susan Hurley (1998), volendo muovere una critica nei confronti del computazionalismo, paragonò la concezione cognitivista della mente a un sandwich: la carne, parte centrale e fondamentale, costituita dai processi di ragionamento, pensiero e linguaggio, mentre le due fette di pane rappresentano i sistemi di input e output. La strategia favorita degli scienziati cognitivi classici è stata quella di studiare i processi cognitivi trascurando il corpo.

A partire dalla metà degli anni Ottanta, tuttavia, questa visione ha cominciato a essere messa in discussione in modo sempre più sistematico. L'idea di una conoscenza "oggettiva" perde di credibilità, a favore dell'idea di un comportamento influenzato dal corpo e dall'azione. Anche l'accumularsi di evidenze empiriche, provenienti da psicologia sperimentale e neuroscienze, ha reso sempre più difficile sostenere che il corpo fosse irrilevante per la comprensione della mente. È in questo contesto che prende forma il movimento dell'*embodied cognition* — la cognizione incarnata — il cui assunto fondamentale è che la gran parte dei processi cognitivi avvenga mediante i sistemi di controllo del corpo (Caruana e Borghi, 2013). I sostenitori di questa prospettiva, come sintetizzano Foglia e Wilson (2013), enfatizzano il ruolo delle funzioni sensoriali e motorie nella cognizione stessa, concependo la mente come radicata nei dettagli della propria incarnazione sensorimotoria. In questa visione non esiste frattura tra cognizione, corpo e ambiente di vita reale: il corpo

vincola, regola e modella intrinsecamente la natura dell'attività mentale, ovvero quella che Foglia e Wilson definiscono la tesi dell'incarnazione della cognizione. L'*embodied cognition* non è tuttavia un movimento teorico monolitico, ma un insieme eterogeneo di proposte e modelli che condividono il rifiuto del sandwich mentale pur differendo nelle loro implicazioni teoriche più profonde. Caruana e Borghi (2013) identificano due grandi tradizioni alle radici dell'*embodied cognition*. La prima è quella della fenomenologia, che ha insistito sul primato della percezione e sulla corporeità dell'esperienza soggettiva. La seconda tradizione è quella del pragmatismo americano e della psicologia ecologica di James Gibson, che ha posto l'accento sull'aspetto motorio e sul concetto di *affordance*: In questo senso, sia le *affordance* (possibilità di azione) che l'ambiente, emergono nella relazione dinamica tra le caratteristiche dell'ambiente e le capacità percettive e motorie dell'individuo. Tucker ed Ellis (1998), ad esempio, attraverso uno studio, hanno dimostrato che l'orientamento del manico di una tazza attiva automaticamente nell'osservatore una risposta motoria compatibile con l'afferramento dell'oggetto. In particolare, i partecipanti mostravano tempi di reazione più rapidi quando la mano usata per rispondere era compatibile con l'orientamento del manico — destra se il manico era orientato a destra, sinistra se orientato a sinistra — e tempi più lenti nelle condizioni di incompatibilità. Questo effetto di compatibilità visuomotoria dimostra che la percezione di un oggetto attiva automaticamente rappresentazioni motorie legate alla sua manipolazione, indipendentemente dall'intenzione di agire. Ad ogni modo, queste due tradizioni hanno ispirato versioni diverse dell'*embodied cognition*. Caruana e Borghi (2013) distinguono a questo proposito tra una *Embodied Cognitive Science* (ECS), che mantiene un riferimento a versioni deboli di rappresentazione mentale, compatibili con una certa forma di computazionalismo, e una *Radical Embodied Cognitive Science* (RECS) che invece rifiuta completamente il concetto di rappresentazione, descrivendo la cognizione come un processo non simbolico, emergente e situato.

Entrando più nel dettaglio del framework dell'embodied cognition, Wilson (2002) identifica sei principi fondamentali che caratterizzano le diverse posizioni della cognizione incarnata—tra cui la cognizione situata, pressata dal tempo, il ruolo dell'ambiente come estensione cognitiva e la cognizione orientata all'azione. Tra questi, particolare rilevanza assume per gli scopi di questa tesi il principio secondo cui la cognizione è situata: la cognizione avviene sempre in un ambiente reale, che interagisce e influenza la cognizione stessa; e il principio secondo cui la cognizione offline, in assenza di interazione diretta con l'ambiente, rimane ancorata ai processi sensorimotori, come nel ricordo, nella pianificazione e nell'immaginazione. Quest'ultimo punto è teoricamente fondamentale: postula che il corpo partecipa attivamente alla cognizione non solo durante l'interazione con il mondo esterno, ma anche in assenza di stimoli reali presenti nell'ambiente. La svolta incarnata rappresenta dunque non solo una critica al modello computazionalista classico, ma una ridefinizione profonda del modo in cui le scienze cognitive concepiscono il rapporto tra mente, corpo e mondo. Per riprendere Foglia e Wilson (2013), i sistemi per percepire, agire e pensare sono costitutivamente interdipendenti, e le rappresentazioni modalità-specifiche sono la materia di cui è fatta la nostra cognizione.

1.2 Il corpo come agente attivo nei processi cognitivi

Il modello teorico dell'Embodied cognition si è affermato contrapponendosi alla rigidità della cornice teorica del computazionalismo e del suo relegare al corpo un ruolo occasionale e marginale. I meccanismi deputati al coinvolgimento dei sistemi percettivi e motori dei processi cognitivi, sono stati ampiamente illustrati nella proposta teorica di Barsalou (1999). La *teoria dei sistemi percettivi simbolici* è una delle proposte teoriche più influenti sul ruolo attivo del corpo nella cognizione, secondo cui i processi cognitivi si basano su simulazioni sensorimotorie, ovvero riattivazioni di pattern percettivi e motori acquisiti con l'esperienza.

Quando pensiamo a un concetto, o pianifichiamo un'azione o ricordiamo un evento, il cervello non recupera una rappresentazione astratta e simbolica, ma riattiva parzialmente gli stessi sistemi neurali che erano attivi durante l'esperienza originale con quel concetto, oggetto, quell'azione o quell'evento. Questo modello pone l'accento sulla natura modale delle rappresentazioni mentali, che risultano radicate nei sistemi sensoriali e motori che le hanno generate. Barsalou (2008) ha successivamente ampliato questo framework nel concetto di *Grounded Cognition*, che va oltre la sola dimensione modale per includere il radicamento situazionale e sociale della cognizione. In questa riformulazione più ampia, i processi cognitivi non sono solo ancorati ai sistemi sensorimotori, ma sono profondamente interconnessi con l'ambiente fisico e sociale in cui si svolgono, intendendo la cognizione come sempre situata in un contesto.

Questa prospettiva teorica trova conferma in una serie convergente di evidenze empiriche che mostrano come il coinvolgimento corporeo nella cognizione sia pervasivo e sistematico. Tra queste, emerge per rilevanza, quella riguardante il dominio della cognizione numerica. Se il modello computazionalista classico prevede che concetti astratti come i numeri siano rappresentati in modo puramente simbolico e amodale, la ricerca sperimentale ha mostrato che anche la rappresentazione dei numeri è profondamente radicata nell'esperienza corporea, spaziale ed esperienziale. Studi su adulti sani hanno rilevato che le cifre piccole vengono classificate più rapidamente con la mano sinistra, e le cifre più grandi più rapidamente con la mano destra. Questo atto di associare i numeri allo spazio è emerso come fenomeno, più noto come effetto SNARC, Spatial-Numerical Association of Response Codes (Dehaene, Bossini & Giraux, 1993), secondo cui i numeri piccoli tendono ad essere associati allo spazio a sinistra e i numeri grandi allo spazio a destra, riflettendo l'orientamento corporeo e culturale del soggetto nello spazio. Fischer (2012) ha successivamente reinterpretato questo effetto all'interno del framework della cognizione incarnata, mostrando come persino un dominio

cognitivo tradizionalmente considerato astratto per eccellenza, cioè l'aritmetica e la conoscenza del numero, sia in realtà radicato nell'esperienza sensorimotoria. Lui stesso propone infatti una visione gerarchica della cognizione numerica incarnata, enfatizzando come i numeri non siano entità astratte fluttuanti in uno spazio mentale neutro, ma siano organizzati spazialmente in modo coerente con l'esperienza corporea del soggetto. Un'altra evidenza empirica, che emerge per importanza, a sostegno del framework della teoria della cognizione incarnata, proviene dall'*Ipotesi del marcatore somatico*, teorizzata da Antonio Damasio nel 1994 nell'ambito dei processi decisionali, il cui processo cognitivo sottostante, rappresenta una attività cognitiva fra le più complesse. Secondo questa ipotesi, il processo decisionale non è guidato esclusivamente da processi di ragionamento logico, ma è profondamente influenzato da marcatori viscerali e somatosensoriali che si manifestano nei processi di bioregolazione (inclusi quelli che si esprimono nelle emozioni). Il cosiddetto "body-loop effect", descrive il meccanismo attraverso cui gli eventi emotivi espressi nel corpo possono influenzare il processo decisionale attraverso il feedback afferente al cervello. Un sostegno empirico diretto di questo meccanismo proviene dall'Iowa Gambling Task (Bechara et al., 1997), in cui pazienti con lesioni alla corteccia prefrontale ventromediale mostravano sistematicamente scelte svantaggiose — proprio perché privati dei segnali somatici necessari per orientare le decisioni. Poppa e Bechara (2018) hanno delineato un resoconto neurofisiologico e neuropsicologico aggiornato delle prove a sostegno di questo meccanismo, illustrando come gli stati somatici vengano innescati e in che modo orientino le decisioni attraverso il feedback afferente al cervello. In particolare, alla base della teoria, vi è la presenza di induttori primari—stimoli sensoriali esterni appresi come piacevoli o avversivi che innescano di conseguenza una risposta somatica automaticamente—e induttori secondari—entità consolidate dal ricordo di un'esperienza emotiva-personale o ipotetica relativa all'induttore primario. Gli induttori secondari, quando elaborati in memoria di

lavoro, elicitano uno stato somatico. L'idea che la sola rappresentazione ipotetica di un evento emotivo sia sufficiente ad attivare stati corporei dimostra che il corpo partecipa attivamente all'elaborazione cognitiva anche in assenza di stimoli diretti, essendo implicato in processi di memoria e immaginazione.

1.3 Emozione incarnata

La linea numerica mentale e l'ipotesi del marcatore somatico, sono due sfondi empirici che riescono a delineare pragmaticamente come il corpo è coinvolto ed è protagonista della cognizione. In passato, i modelli presi in considerazione da psicologi e scienziati cognitivi hanno a lungo trascurato il ruolo delle emozioni nell'elaborazione delle informazioni e nella cognizione. Come sostenuto da Niedenthal (2007) il motivo di tale esclusione è data dalla complessità e difficoltà di affrontare il dominio delle emozioni con un certo rigore scientifico. Come già anticipa l'ipotesi del marcatore somatico, anche le emozioni coinvolgono processi cognitivi radicati nel corpo. Niedenthal (2007) sostiene ampiamente l'idea di emozione incarnata, affermando che percepire uno stimolo emotivo o provare un'emozione, non è un atto amodale e astratto, ma consiste in una riattivazione parziale degli stessi stati sensoriali, motori e viscerali che erano presenti quando l'esperienza emotiva si è venuta a creare.

A tal proposito, uno studio di neuroimaging ha evidenziato che l'osservazione del disgusto espresso da un altro soggetto coinvolge l'attivazione degli stessi circuiti neurali attivati quando è il soggetto stesso a sperimentare disgusto attraverso l'inalazione di sostanze di cattivo odore (in particolare dell'insula anteriore e della corteccia cingolata anteriore. (Wicker et al., 2003). Sebbene questo risultato sia specifico per il disgusto, esso fornisce una

dimostrazione empirica del principio più generale secondo cui osservare ed esperire un'emozione condividono substrati neurali comuni.

In particolare, questo dato suggerisce che la comprensione delle emozioni non è un processo puramente cognitivo e astratto, ma implica una forma di rievocazione corporea dello stato emotivo osservato. Bisogna sottolineare che il framework dell'emozione incarnata coinvolge due processi ben distinti: l'esperire un'emozione, che significherebbe provare in prima persona uno specifico stato affettivo; e riconoscere un'emozione, ovvero comprendere uno stato emotivo attraverso la sua espressione da parte di un altro individuo. A tal proposito, Niedenthal et al. (2010) propongono che il riconoscimento delle emozioni altrui non avvenga tramite un semplice processo di categorizzazione visiva e astratta (si pensi all'ipotesi della "Biblioteca mentale" di Bruce e Young (1989), che prevedeva un match tra le rappresentazioni visuo-percettive delle posture e i movimenti del volto con le rappresentazioni concettuali e semantiche delle espressioni, attraverso un processo top-down), ma tramite un processo che coinvolge attivamente sistema motorio e somatosensoriale dell'osservatore. Questo meccanismo del riconoscimento delle emozioni verrebbe illustrato da Niedenthal et al. (2010) all'interno del modello SIMS (Simulation of Smiles). In particolare, il sorriso di un individuo percepito da un osservatore in una situazione in cui il significato del sorriso è incerto (di ambiguo significato), avvia una sequenza precisa di processi incarnati: attivando inizialmente l'amigdala, che accorgendosi dell'ambiguità dell'espressione dirige le risorse attentive agli occhi dell'interlocutore. Questa fase, in particolare, attiva a sua volta due attivazioni parallelamente: un'esperienza di ricompensa nei gangli della base da un lato, e l'attivazione della mimica motoria nelle regioni motorie corticali dall'altro. Ciò produrrebbe un'esperienza corporea nella corteccia somatosensoriale che permette al soggetto di accedere al significato affettivo del sorriso percepito. Il modello è specificamente focalizzato sull'elaborazione del sorriso, assunto

come caso paradigmatico della complessità del riconoscimento emotivo incarnato, in quanto espressione capace di veicolare significati profondamente diversi: piacere, affiliazione o dominanza. A tal proposito il modello prevede inoltre una esemplificazione dei diversi significati del sorriso, che di fatto attivano pattern neurali parzialmente distinti: sorriso autentico (Duchenne) attivazione gangli della base; coinvolgimento ulteriore della corteccia orbitofrontale per il sorriso affiliativo; il sorriso di dominanza invece genera un affetto negativo con una prevalenza di attivazione lateralizzata a destra). Un aspetto cruciale illustrato dal gruppo di ricerca risiederebbe nella constatazione di condizioni specifiche in cui tale simulazione e successivo riconoscimento risulterebbero compromessi: quando la mimica facciale viene inibita in maniera sperimentale con mezzi che bloccano i movimenti muscolari facciali, interrompendo l'attivazione dei sistemi motori e neurali delle cortecce cerebrali deputate al processamento di stimoli emotivi. In questi specifici casi di fatto il riconoscimento emotivo sembrerebbe essere svolto sulla base della sola corrispondenza dell'input visivo e delle rappresentazioni percettive conservate in memoria, senza l'accesso all'esperienza corporea.

Il modello teorico SIMS fornisce una spiegazione precisa di come il corpo e l'attività muscolare facciale partecipino all'esperienza emotiva in prima persona e, al contempo, alla comprensione delle emozioni altrui.

Per concludere, l'idea embodied della cognizione e delle emozioni ha permesso di indagare il legame tra stati corporei ed elaborazione emotiva.

All'interno di questo ricco e ampio filone di ricerca, si inserisce il dibattito circa il ruolo specifico dell'attività muscolare facciale nell'elaborazione emotiva, e di come gli stati corporei conseguenti ad essa, modulino ciò che ha accesso alla consapevolezza.

Capitolo 2

FFH e SMS: fondamenti teorici e implicazioni interpretative

2.1 Facial Feedback Hypothesis

Per quanto complesso da studiare e testare, l'ambito delle emozioni ha sempre riscosso un importante interesse da parte di studiosi, filosofi e scienziati.

Alcuni contributi del passato hanno aperto il sipario per il filone delle teorie embodied delle emozioni e dell'idea degli stati corporei come modulatori dei processi cognitivi. Tra questi, vale la pena citare l'opera *The Expression of the Emotions in Man and Animals* (Darwin, 1872). A tal proposito, all'inizio dell'opera, vengono presentati i tre principi dell'espressione dell'emozione: mentre i primi due si focalizzano sull'esistenza di pattern espressivi utili per la sopravvivenza in passato, che permangono nonostante abbiano oggi perso valore, di cruciale importanza risulta il terzo principio: "Principio dell'azione diretta del sistema nervoso". Secondo l'autore, le emozioni intense producono risposte fisiologiche come conseguenza diretta dell'attivazione del sistema nervoso autonomo—definita "nerve force", letteralmente forza nervosa—che si manifestano sottoforma di movimenti muscolari. La portata teorica di questa intuizione ha fatto sì che si sviluppassero successivamente proposte teoriche sistematiche, come Tomkins (1962) e Izard (1971), gettando le basi di ciò che oggi definiamo Facial Feedback Hypothesis. Secondo tale teoria, i segnali afferenti provenienti dai muscoli facciali modulano attivamente lo stato emotivo dell'individuo (Strack et al., 1988).

La modulazione dello stato affettivo da parte dell'attività muscolare facciale aveva allora permeato anche la teoria di James (1884), secondo cui la percezione delle risposte corporee costituisce l'emozione stessa piuttosto che esserne una conseguenza. James, tuttavia, sottolineava la presenza di un meccanismo cognitivo di consapevolezza della propria espressione facciale come condizione necessaria affinché il feedback corporeo potesse generare l'esperienza emotiva.

Sebbene vi fosse un certo consenso circa l'esistenza di un effetto dell'attività muscolare facciale sull'esperienza emotiva, il meccanismo attraverso cui tale effetto si produce rimaneva ancora oggetto di dibattito. Strack et al. (1988) a tal proposito, cercarono di dimostrare che i meccanismi fisiologici potrebbero essere sufficienti a generare le reazioni affettive; cosicché una espressione facciale potrebbe influenzare l'esperienza emotiva delle persone senza che esse siano consapevoli della propria espressione. In effetti, il gruppo di ricerca di Strack si propose di trovare una nuova metodologia che, a differenza degli studi precedenti che prevedevano una interpretazione cognitiva, permettesse di manipolare le espressioni facciali senza che i soggetti fossero consapevoli del significato emotivo della propria attività muscolare.

A questo scopo venne ideata la procedura della penna (*pen-in-the-mouth*): tenuta orizzontalmente tra i denti per attivare i muscoli associati al sorriso, o tra le labbra per inibirli. Una manipolazione che consentiva di facilitare o inibire selettivamente l'attività muscolare facciale senza simulare esplicitamente un'espressione emotiva e creare in bias nei partecipanti (Figura 1).

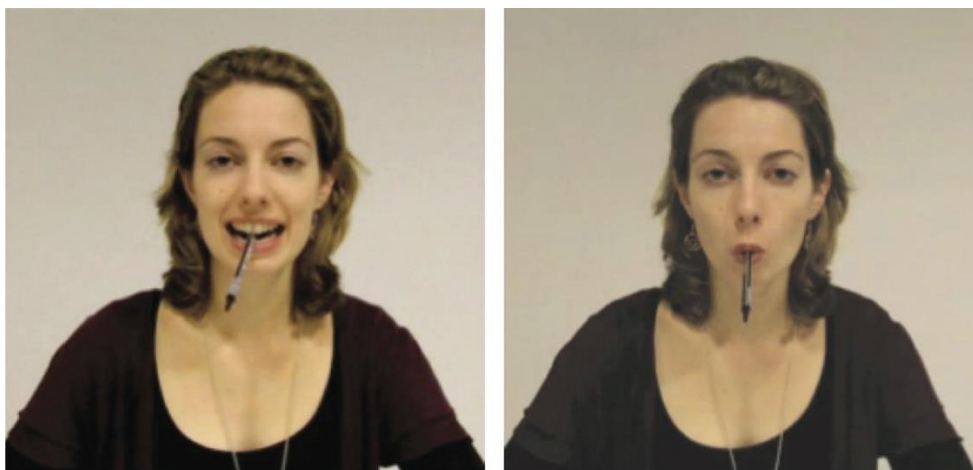


Figura 1. Illustrazione delle due condizioni sperimentali utilizzate nello studio di Strack et al. (1988). *Nella condizione labbra (a destra) la penna viene tenuta con le labbra, inibendo l'attivazione del muscolo zigomatico. Nella condizione denti (a sinistra) — la penna viene tenuta con i denti, facilitando l'attivazione del muscolo zigomatico e inducendo un'espressione facciale congruente con il sorriso. (Adattato da Strack et al. (1988)).*

I risultati dimostrarono che delle vignette venivano valutate come più divertenti nella condizione denti rispetto alla condizione labbra, fornendo la prima prova sperimentale diretta che l'attività muscolare facciale, anche in assenza di consapevolezza emotiva, è sufficiente a modulare l'esperienza affettiva — in linea con quanto Darwin (1872) aveva intuito molti anni prima.

Nonostante la validità della nuova metodologia adottata da Strack et al. (1988), una replica dello studio smentisce i risultati: Wagenmakers et al. (2016) ha raccolto dati da 17 laboratori con un totale di 1.894 partecipanti inclusi nelle analisi. Nel complesso i risultati non erano coerenti con il risultato originale: tutti e diciassette laboratori non hanno fornito evidenze a favore dei risultati precedenti. Tuttavia, bisogna sottolineare che gli autori stessi dichiararono che ciò non invalidasse l'esistenza del meccanismo del feedback facciale, ma piuttosto ne invalidasse la procedura metodologica. A questo riguardo, a ribaltare lo scenario

sulla potenzialità dell'effetto del feedback facciale, è stata la metanalisi su larga scala di Coles et al. (2019), condotta su 138 studi. Il fallimento della replica di Wagenmakers et al. (2016) aveva generato un ampio dibattito circa la teoria, la sua esistenza e la metodologia per indagarla. Proprio in questo momento di forte crisi per la FFH, il gruppo di ricerca di Coles et al. (2019) si propone di fare chiarezza in modo sistematico coinvolgendo la letteratura riguardante la teoria indipendentemente dai risultati ottenuti, cercando di individuare le possibili cause della grande variabilità tra i risultati. L'aspetto più importante rilevato dalla meta-analisi è la presenza dell'effetto del feedback facciale sulla modulazione affettiva nei diversi studi. Tale effetto risulta però di dimensioni ridotte ($d = .20$, $p < .001$). La meta-analisi rileva inoltre alcuni moderatori che spiegherebbero la variabilità dei risultati tra i diversi studi. In particolare, l'effetto del feedback facciale risulta più ampio in assenza di stimoli emotivamente evocativi, e quando tali stimoli sono presenti l'effetto varia in base al loro tipo. Riassumendo, Coles et al. (2019) stabiliscono che l'effetto del feedback facciale esiste ed è statisticamente significativo benché piccolo ($d = .20$); che l'emergere dei risultati dipende dal contesto e dal tipo di stimoli utilizzati; e che il fallimento di Wagenmakers non invalida la teoria ma solo il paradigma specifico usato per testarla. A questo proposito, Strack (2016) ha proposto che la consapevolezza di essere videoregistrati possa indurre nei partecipanti un'iperfocalizzazione su sé stessi, disturbando il flusso dell'esperienza emotiva — un'ipotesi successivamente confermata da Noah et al. (2018), i quali hanno riscontrato che il compito del bastoncino tra i denti influenzava i risultati solo quando i partecipanti non si sentivano osservati. Sulla base di queste evidenze, Coles et al. (2022) si propongono di condurre uno studio multilab che tenga conto di tali fattori, eliminando in particolare le telecamere nel setting sperimentale.

2.2 Sensorimotor Simulation Theory

La Sensorimotor Simulation Theory si riferisce ad una collezione di teorie proposte da più individui più che ad un unico framework teorico, la cui convergenza esiste nella assunzione che noi comprendiamo gli altri (i loro comportamenti, intenzioni ed emozioni) ricreando o meglio *simulando*, gli stati mentali altrui.

Goldman e Sripada (2005), nel tentativo di approfondire i meccanismi che sottendono il *mindreading*—il riconoscimento delle emozioni a partire dalle espressioni facciali—che fino ad allora era stato circoscritto agli atteggiamenti proposizionali (ovvero ai desideri e alle credenze), hanno esaminato una raccolta di ricerche neuropsicologiche a supporto della teoria della simulazione giungendo a formulare un modello di simulazione inversa: un'emozione causa a cascata una serie di cambiamenti cognitivi e fisiologici, inclusa un'espressione facciale caratteristica di quella specifica emozione, ma tale rapporto non è unidirezionale. Infatti anche la manipolazione della muscolatura facciale può produrre causalmente lo stato emotivo corrispondente, almeno in forma attenuata. Questo meccanismo simulativo trova fondamento neurobiologico all'interno della scoperta del sistema dei neuroni a specchio, illustrato ampiamente da Rizzolatti e Craighero (2004). Gli autori si sono focalizzati su una categoria di stimoli, quella composta da azioni compiute da altri individui. La comprensione delle azioni e intenzioni altrui è da sempre alla base della sopravvivenza umana e dell'organizzazione sociale. Il meccanismo neurofisiologico che sottende questa facoltà è il sistema dei neuroni a specchio: specifici neuroni che si attiverebbero sia durante l'esecuzione di un'azione che durante l'osservazione delle stessa da parte di un individuo. Gallese (2003) ha esteso questo meccanismo al dominio emotivo, proponendo che le stesse strutture neurali coinvolte nell'elaborazione dell'esecuzione dei

movimenti, delle sensazioni ed emozioni provate, siano attive quando tutte queste vengono colte dagli altri. Questa estensione ha fornito la base neurobiologica del meccanismo di simulazione che poi Goldman e Sripada (2005) hanno formalizzato nel dominio specifico del riconoscimento di espressioni facciali emotive.

Nell'attribuire uno stato mentale all'altro, non utilizziamo una teoria astratta—desideri e credenze—ma simulando dentro di noi quello stesso stato. In particolare, Goldman e Sripada (2005) sottolineano il fatto che un'emozione causa a cascata una serie di cambiamenti cognitivi e fisiologici, inclusa un'espressione facciale caratteristica di quella specifica emozione. Questo rapporto tra stati emotivi ed espressioni facciali non è unidirezionale: non è solo l'emozione a causare l'espressione facciale, ma esistono evidenze sostanziali che la manipolazione della muscolatura facciale produce causalmente lo stato emotivo corrispondente, almeno in forma attenuata (Strack et al., 1988). Tale rapporto bidirezionale costituisce il modello della simulazione inversa proposto dagli autori. L'osservazione di un'espressione emotiva altrui innesca automaticamente e in maniera covert—cioè agendo al di sotto della soglia di consapevolezza—l'attivazione della configurazione muscolare facciale corrispondente nell'osservatore, replicando anche in maniera attenuata, l'espressione osservata. Il riconoscimento delle emozioni altrui avviene quindi attraverso un processo incarnato ed automatico, senza l'urgenza di ricorrere a credenze o rappresentazioni astratte.

Diverse evidenze mostrano come il meccanismo della simulazione giochi un ruolo nel riconoscimento delle espressioni facciali emotive altrui. In particolare, Rychlowska et al. (2014), hanno condotto serie di studi per testare il ruolo della mimica facciale nella decodifica dei sorrisi. Un primo esperimento ha dimostrato che indossare un paradenti modifica sia l'entità che la dinamica temporale delle reazioni muscolari facciali nei partecipanti. Il risultato è stato ottenuto tramite elettromiografia facciale, l'attività EMG non

ha rispecchiato l'intensità del sorriso osservato. Uno studio successivo ha invece testato l'ipotesi che l'inibizione della mimica facciale causata dal parading rendesse più complesso distinguere tra un sorriso vero e uno falso: nella condizione in cui la mimica facciale è stata inibita, sia i sorrisi genuini che quelli falsi sono stati giudicati come autentici dai partecipanti, compromettendo la capacità di riconoscimento. Sembrerebbe quindi che la capacità di utilizzare i muscoli facciali coinvolti in una determinata espressione sia funzionalmente necessaria per il suo riconoscimento.

Pitcher et al. (2008) hanno fornito una evidenza neuroscientifica diretta a supporto della SMS utilizzando la stimolazione magnetica transcranica ripetitiva (rTMS). Questa tecnica non invasiva è stata applicata specificatamente a due aree: l'area occipitale facciale destra, coinvolta nell'elaborazione visiva dei volti, e la regione facciale della corteccia somatosensoriale destra, coinvolta nella simulazione delle risposte corporee associate alle espressioni percepite. Questa procedura è stata usata durante un compito di discriminazione di espressioni facciali. I risultati hanno evidenziato una doppia dissociazione: la rTMS comprometteva selettivamente il riconoscimento delle espressioni facciali in entrambi i siti, senza influenzare i giudizi di identità degli stimoli presentati. Questa selettività è cruciale: se la stimolazione avesse disturbato l'elaborazione visiva generale, ci sarebbe stato un deficit anche nel riconoscimento dell'identità. La dissociazione tra i due compiti dimostra invece che la corteccia somatosensoriale facciale destra svolge un ruolo causale specifico nella simulazione somatica delle espressioni percepite, costituendo la prova più diretta a supporto del meccanismo effettore-specifico della SMS.

Tra le evidenze che sembrano sottolineare l'esistenza e l'importanza della SMS, è doveroso esporre quella di Borgomaneri et al. (2020).

Manipolando la mimica facciale della parte inferiore del volto—condizione bite, con il muscolo zigomatico che inibisce la simulazione del sorriso— è emersa una performance di riconoscimento deficitaria selettiva per le espressioni felici, sia facciali che corporee. Il riconoscimento delle espressioni timorose o neutre, al contrario, è rimasto invariato—il riconoscimento non è stato influenzato negativamente dalla condizione bite. Le evidenze fin qui discusse trovano una cornice teorica unitaria nella review di Wood et al. (2016), che illustra come le emozioni sono pattern di risposte espressive, comportamentali, psicologiche e risposte emotive soggettive. L’attivazione di una componente tra queste evidenziate, può automaticamente attivare le altre. Gli autori ci tengono a sottolineare come le espressioni facciali retroagiscono per modulare le nostre esperienze emotive, invece di essere una mera conseguenza. Questa bidirezionalità è confermata da numerose evidenze: indurre in maniera covert i partecipanti a sorridere mentre eseguivano un compito doloroso (il cold-pressor task) riduceva in maniera significativa l’effetto negativo auto-riferito dai partecipanti e l’arousal fisiologico (Kraft e Pressman, 2012). Fondamentalmente, il sorriso indotto artificialmente in maniera covert attenuava l’esperienza del dolore. Un effetto che non può essere spiegato da processi cognitivi consapevoli, poiché i partecipanti non erano consapevoli di stare sorridendo.

Inibire il movimento facciale riduce l’intensità dell’esperienza emotiva anche di espressioni negative. Uno studio clinico randomizzato e controllato con placebo ha dimostrato che la paralisi del muscolo corrugatore, tipicamente impiegato per emozioni di tristezza e rabbia, attraverso iniezioni di tossina botulinica, riduceva significativamente i sintomi depressivi (Finzi e Rosenthal, 2014).

Il contributo di questo lavoro di Wood et al (2016.) non si esaurisce in una riesamina delle evidenze a supporto della SMS. Il gruppo di ricerca ha infatti proposto un modello teorico

che prevede che il riconoscimento emotivo avvenga attraverso una sequenza gerarchica di processi: l'elaborazione visiva dell'espressione osservata attiva il sistema sensorimotorio dell'osservatore (vale a dire le cortecce motoria, premotoria e somatosensoriale), producendo una simulazione interna dell'espressione percepita. Questa simulazione può a sua volta attivare a cascata altri sistemi come il sistema limbico (le regioni coinvolte nella valutazione affettiva e nel ragionamento sugli stati mentali altrui), formulando una comprensione emotiva che va ben oltre la semplice elaborazione visiva. Secondo la Sensorimotor Simulation Theory, la simulazione neurale gioca un ruolo causale nel riconoscimento emotivo: inibire le cortecce motoria primaria e somatosensoriale destre con TMS riduce la mimica facciale spontanea e ritarda la percezione dei cambiamenti nelle espressioni facciali (Wood et al., 2016). Le evidenze presentate in questa sezione, dalla decodifica dei sorrisi compromessa dal blocco della mimica (Rychlowska et al., 2014), alla doppia dissociazione ottenuta tramite rTMS (Pitcher et al., 2008), fino agli effetti cross-modali sul riconoscimento delle espressioni corporee (Borgomaneri et al., 2020), convergono nel suggerire che il riconoscimento delle emozioni altrui dipenda, almeno in parte, dal coinvolgimento attivo del sistema sensorimotorio dell'osservatore. Resta tuttavia da chiarire se questo coinvolgimento rifletta una simulazione effettore-specifica, come previsto dalla SMS, oppure un meccanismo di feedback affettivo più generale. Questione che verrà affrontata nel paragrafo successivo.

2.3 Predizioni convergenti, meccanismi divergenti

Quanto fino ad ora osservato, sembra fare emergere queste due teorie come distinte e a sé stanti: con propri meccanismi causali, implicazioni teoriche e interpretative, ed evidenze scientifiche differenti. Tuttavia, la persistente ambiguità che caratterizza la letteratura su FFH e SMS, e la tendenza sistematica ad attribuire i risultati sperimentali a un solo

meccanismo ignorando l'altro, sembra essere il sintomo di un paradosso teorico più profondo. In effetti, nonostante i meccanismi proposti delle due teorie siano fondamentalmente diversi, entrambe sembrano convergere nella predizione di un dato osservabile: l'inibizione dell'attività muscolare facciale compromette l'elaborazione emotiva.

Alla luce di questa convergenza, sulla base di una storia e una cornice teorica divergenti, è venuta a costituirsi un'inadente ambiguità interpretativa nella letteratura, rendendo difficile distinguere i due meccanismi sulla base delle evidenze empiriche esistenti e illustrate precedentemente.

In particolare, la Facial Feedback Hypothesis (FFH) postula che l'alterazione dell'attività muscolare facciale comprometta l'elaborazione emotiva, perché l'inibizione altera il feedback afferente che modula lo stato affettivo generale.

La Sensorimotor Simulation Theory (SMS), d'altro canto, sostiene che ciò avvenga perché l'interferenza impedisce la simulazione motoria effettore-specifica (per i volti), necessaria per decodificare le espressioni facciali altrui.

Le evidenze raccolte negli ultimi decenni a favore della SMS, ampiamente acclamata come una teoria di grande portata esplicativa, possono di fatto essere reinterpretate in maniera alternativa dalla FFH.

Analizzando criticamente le due teorie e i paradigmi sperimentali usati per testarle, possiamo notare che entrambi i meccanismi possono fornire risultati molto simili, interpretati in modo diverso solo sulla base del background teorico.

Pensiamo ad esempio al disegno sperimentale di Rychlowska et al. (2014): il deficit nella distinzione tra sorrisi genuini e simulati, osservato quando la mimica facciale viene bloccata

tramite un paradenti, è stato interpretato come prova dell'impossibilità per l'osservatore di simulare correttamente l'espressione percepita, evidenza a supporto della SMS. Lo stesso risultato, tuttavia, può essere reinterpretato alla luce della FFH: il paradenti altera il feedback afferente dai muscoli zigomatici, modificando lo stato affettivo del partecipante e compromettendo così la sua capacità di valutare l'autenticità del sorriso osservato. Analogamente, i risultati di Pitcher et al. (2008), dove il deficit selettivo nel riconoscimento delle espressioni facciali dopo rTMS sulla corteccia somatosensoriale destra, potrebbe essere spiegato dalla attenuazione dei segnali propriocettivi e tattili provenienti dalle micro-espressioni dell'osservatore che, interrompendo un loop di feedback facciale, rendono la performance deficitaria. O ancora, Il caso di Borgomaneri et al. (2020) in cui il blocco della mimica compromette il riconoscimento sia delle espressioni facciali che corporee felici, potrebbe essere spiegato dalla FFH: considerando che l'inibizione altera lo stato affettivo generale interferendo con il riconoscimento di qualsiasi stimolo emotivamente incongruente, indipendentemente dalla modalità.

Avendo consapevolezza che la FFH opera come meccanismo generale e trasversale alle categorie di stimoli (non richiedendo di fatto la presenza di un volto né una corrispondenza effetto-specifica, come al contrario la SMS, richiede), la soluzione per differenziare le due teorie è la costruzione di un disegno sperimentale diagnostico che sia in grado di identificare i due meccanismi separatamente. I disegni di ricerca futuri dovrebbero prevedere, ad esempio, l'inclusione di stimoli emotivi non facciali (abbinati per valenza ed arousal agli stimoli facciali) per osservare se l'effetto della manipolazione è selettivo per i volti (e quindi come postula SMS) o se si generalizza a qualsiasi stimolo emotivamente coerente (come postulerebbe FFH).

Le predizioni dei due meccanismi concorrenti possono essere formalizzate come segue:

(i) Predizione SMS — effetto-specifica: ci si aspetta un'interazione significativa Manipolazione $\times$ Categoria, con l'effetto della manipolazione facciale selettivamente più marcato per gli stimoli facciali rispetto agli stimoli non facciali. Il meccanismo opera esclusivamente attraverso la corrispondenza tra l'espressione osservata e il sistema sensorimotorio facciale dell'osservatore.

(ii) Predizione FFH — generalizzata: ci si aspetta un effetto principale della manipolazione, senza interazione significativa Manipolazione $\times$ Categoria di stimolo. Il blocco o l'induzione dell'attività muscolare facciale influenzerebbe in modo equivalente tutte le categorie di stimoli emotivamente congruenti, facciali e non facciali, poiché il meccanismo agisce sullo stato affettivo generale.

È opportuno precisare che FFH e SMS non costituiscono necessariamente alternative mutuamente esclusive. Entrambi i meccanismi potrebbero operare in parallelo (o in serie). Il disegno diagnostico adottato non si propone di stabilire se uno dei due meccanismi esista, bensì di determinare quale dei due guidi prevalentemente l'influenza della consapevolezza visiva nel paradigma sperimentale. È proprio in questa crepa interpretativa che si inserisce lo studio sperimentale oggetto di questo elaborato — un tentativo di distinguere quale meccanismo guidi prevalentemente gli effetti osservati.

Capitolo 3

La consapevolezza visiva: fondamenti teorici e paradigmi sperimentali

3.1 La coscienza: definizione e basi neurali

La coscienza è qualcosa che necessita di una certa precisione per essere definita in modo convincente, sia da un punto di vista filosofico che come fenomeno cerebrale. La letteratura neuroscientifica è concorde nel considerare la coscienza un fenomeno multidimensionale, sviluppato in due componenti fondamentali e distinte. La veglia (*wakefulness*) rappresenterebbe il livello generale di arousal e vigilanza che si estende in un continuum dal sonno profondo alla veglia piena, con vari stati intermedi; quindi, la dimensione quantitativa. La seconda, invece, è la consapevolezza (*awareness*) che rappresenterebbe la dimensione qualitativa, ovvero il contenuto di ciò di cui si è consapevoli in un dato momento, pensieri emozioni e ricordi. Laureys (2005), illustra questa distinzione e sottolinea l'emergere di queste due componenti in modo co-occorrente, tanto da risultare inseparabili e difficili da distinguere. Una soluzione a questo problema si è rivelata dallo studio clinico dei pazienti in stato vegetativo. Questi specifici pazienti sembrano essere svegli (mostrano quindi *wakefulness*), posseggono inoltre dei cicli di sonno veglia regolari, ma non mostrano alcun segno di consapevolezza di sé stessi o dell'ambiente che li circonda (in pratica non posseggono *awareness* (Laureys et al., 2005)). Questo caso ha permesso quindi di distinguere i due fenomeni che compongono la coscienza, intesi comunque all'interno di un continuum, in dimensioni neurologicamente dissociabili, ovvero esistenti indipendentemente l'uno dall'altra. Questa distinzione ha inaugurato un filone di ricerca che si interessasse sia della dimensione qualitativa della coscienza sia di quella quantitativa.

proposito di quest'ultima, una delle domande a cui molti ricercatori e neuroscienziati hanno cercato di venire a capo, è come e in che modo alcuni processi mentali, avviati da stimoli interni o esterni, diventano consci mentre altri rimangono inconsci. Il processamento cosciente è caratterizzato dall'esistenza di un'esperienza soggettiva riferibile. Al fine di indagare questo quesito, un gruppo di ricerca si è avvalso di studi elettrofisiologici, comportamentali e di neuroimaging, arrivando ad identificare il substrato neurale della coscienza in una classe specifica di neuroni (Dehaene & Changeux, 2011). Questi neuroni in particolare sembrerebbero caratterizzati da assoni particolarmente lunghi che connettono aree corticali distanti. Quando sono attivi, essi generano oscillazioni ad alta frequenza (onde gamma) che si sincronizzano in diverse aree del cervello. Dehaene e Changeux interpretano questi dati neurofisiologici alla luce del framework teorico del Global Neuronal Workspace (GNW). Quest'ultimo postula che il cervello è organizzato in dipartimenti che elaborano le proprie informazioni in maniera automatica e inconscia. La coscienza emerge quando uno di questi dipartimenti riesce a trasmettere la propria informazione attraverso un sistema di comunicazione centralizzato—chiamato appunto spazio di lavoro globale, una rete distribuita di aree cerebrali interconnesse—che fa sì che essa si renda disponibile simultaneamente a tutti gli altri dipartimenti. Sarebbe quindi l'ignizione neurale, così definita nella GNW, il meccanismo che permette ad uno stimolo di accedere allo spazio di lavoro globale. Quando uno stimolo arriva al cervello, viene inizialmente elaborato dalle aree sensoriali associative specializzate per quella tipologia di stimolo; se questo stimolo gode di una certa salienza o rilevanza, la sua elaborazione viene effettuata anche dalle altre aree. Così facendo l'attività neurale si propaga attraverso connessioni a lunga distanza. Attraverso questo meccanismo, uno stimolo diventa disponibile per i processi cognitivi di ordine superiore, attraverso un processo tutto o niente (Dehaene & Changeux, 2011) Quindi

o lo stimolo è abbastanza saliente da superare la soglia critica di amplificazione del segnale, accedendo allo spazio lavoro, o esso rimane inconscio.

In realtà, Dehaene & Changeux non furono i primi ad indagare i cosiddetti correlati neurali della coscienza, bensì Crick e Koch attorno al 1990. Il loro lavoro aveva lo scopo di individuare i meccanismi cerebrali minimi sufficienti per generare una specifica esperienza cosciente. Gli autori, deliberatamente, proposero il sistema visivo come il più favorito per approcciarsi sperimentalmente all'accesso cosciente (Crick & Koch, 1990), alla luce della profonda conoscenza di questo sistema a livello neuroanatomico e neurofisiologico, oltre che per la relativa facilità e possibilità di precisione nel misurare *quando* gli stimoli visivi diventano consapevoli, permettendo così di dissociare l'elaborazione conscia da quella inconscia. Questa logica teorica e sperimentale ha permesso lo sviluppo di paradigmi specificamente progettati per misurare l'esperienza cosciente e il contenuto della consapevolezza visiva. Tra questi, uno dei più conosciuti e utilizzati è sicuramente la rivalità binoculare, particolarmente apprezzato perché in grado di dissociare tra stimolo fisico ed esperienza cosciente attraverso una tecnica relativamente semplice.

3.2 La rivalità binoculare: un paradigma per lo studio della consapevolezza visiva

La rivalità binoculare è un fenomeno percettivo noto sin dal XVI secolo, successivamente studiato in maniera sistematica da Wheatstone attraverso l'uso di uno stereoscopio a specchi. Leopold e Logothetis (1999) inquadrano la rivalità binoculare nel contesto più ampio della multistabilità percettiva: il fenomeno generale per cui un input ottico invariato e una interpretazione che ne deriva di conseguenza varia nel tempo. Uno stesso stimolo fisico

invariato genera più possibili interpretazioni percettive che si alternano nella consapevolezza cosciente.

Proprio in virtù delle sue proprietà metodologiche, la rivalità binoculare — un tipo di bistabilità percettiva in cui i due occhi ricevono informazioni ottiche incompatibili — ha conquistato un ruolo centrale nella moderna ricerca neuroscientifica, in particolare nello studio della consapevolezza visiva. Pur essendo dotato di notevoli capacità computazionali, infatti, il cervello non riesce a integrare in un unico percetto stabile due immagini in conflitto, e alterna ciclicamente la consapevolezza dell'una e dell'altra.

In particolare, il fenomeno si produce quando immagini differenti vengono presentate simultaneamente alle regioni corrispondenti dei due occhi. Il sistema visivo, in condizioni normali di visione binoculare, fonde le due immagini provenienti dai due occhi in un'unica percezione coerente. Tuttavia il sistema visivo non riesce a raggiungere la fusione binoculare quando le due immagini presentate ai due emisferi risultano eccessivamente incompatibili, causando di conseguenza una competizione tra le stesse immagini, per la dominanza percettiva. Questa dominanza da parte di un'immagine o dell'altra non è stabile: l'alternanza percettiva è bensì irregolare nel tempo: una domina la consapevolezza visiva per alcuni secondi e successivamente viene soppressa e sostituita dall'immagine rivale (Blake & Logothetis, 2002).

La dissociazione tra input fisico invariato e consapevolezza variabile costituisce il fulcro di questo paradigma, rendendolo uno strumento privilegiato per lo studio dei fenomeni di consapevolezza visiva. La rivalità binoculare non dipende da un unico meccanismo neurale localizzato, ma da molteplici operazioni neurali distribuite lungo le vie visive: dalla registrazione degli stimoli incompatibili alla promozione della dominanza percettiva, fino all'alternanza nel tempo (Blake & Logothetis, 2002).

Blake (1989) fu il primo a proporre la prima teoria neurale sistematica della rivalità binoculare partendo dalla constatazione che, nonostante il fenomeno fosse conosciuto da secoli, la comprensione dei suoi meccanismi neurali era rimasta sorprendentemente limitata. La teoria in questione si basa sull'esistenza di neuroni monoculari—che ricevono input da un solo occhio—e neuroni binoculari—che ricevono input da entrambi, organizzati in moduli funzionali di elaborazione visiva. Questi moduli genererebbero segnali inibitori reciproci, implementando la soppressione dell'occhio rivale. La dominanza percettiva di uno stimolo rimane stabile finché l'inibizione sull'occhio rivale risulta sufficientemente forte. Si inverte la percezione, quando quest'ultima si indebolisce per adattamento neurale. Tong et al. (2006) hanno ampliato successivamente questa interpretazione del modello attraverso studi di neuroimaging, proponendo un modello ibrido che concettualizza la rivalità binoculare come il prodotto di molteplici processi distribuiti lungo le vie visive, un'interazione tra circuiti inibitori di basso livello e influenze eccitatorie di alto livello. I primi, sarebbero responsabili dell'innescio iniziale della rivalità e della soppressione dello stimolo rivale, mentre le influenze eccitatorie di alto livello (come l'attenzione selettiva e il raggruppamento percettivo), estendono invece la dominanza di uno stimolo nel tempo, influenzando quali contenuti accedono alla consapevolezza visiva.

3.2 Rivalità binoculare nel contesto delle emozioni

Una volta illustrato il paradigma della rivalità binoculare e le caratteristiche che lo rendono uno strumento metodologicamente privilegiato nelle neuroscienze cognitive, è possibile esaminare il ruolo specifico che le emozioni — intese sia come stati emotivi che come stati corporei — svolgono nella modulazione della consapevolezza visiva, e come questo ruolo possa essere indagato proprio attraverso tale paradigma.

Come gli stessi Tsuchiya e Adolphs (2007) sottolineano nella loro rassegna *Emotion and Consciousness*, l'intersezione tra coscienza ed emozione sembra essere indissolubile, nei loro domini e nella condivisione (se non in alcuni casi di sovrapposizione) di medesime aree corticali e connessioni neurali. Coerentemente con la tesi dell'embodiment di emozione e cognizione, sia l'emozione che la coscienza sembrano dipendere da rappresentazioni neurali del proprio corpo, che ricevono informazioni enterocettive. Le strutture cerebrali importanti per l'emozione, come i nuclei del tronco encefalico e le cortecce della linea mediana, si sovrappongono con le strutture che regolano il livello di coscienza. Ad esempio, studi di neuroimaging confermano che l'amigdala si attiva in risposta a stimoli emotivi visivi di cui i soggetti sono completamente inconsapevoli (Jiang & He, 2006). Analogamente, facce felici o arrabbiate presentate in modo subliminale sembrano avere avuto un impatto nel comportamento nel bere: soggetti assetati esposti a facce felici consumavano il doppio della bevanda e ne valutavano più positivamente la piacevolezza rispetto a quelli esposti a facce arrabbiate, in uno studio che ha esplorato come la valenza degli stimoli possa guidare il comportamento in assenza di consapevolezza (Winkielman & Berridge, 2004). Come è già noto in letteratura, i processi di selezione che determinano la dominanza di un dato stimolo alla consapevolezza sono influenzati dalla presenza o meno di stimoli emotivamente rilevanti. Risulta infatti adattivo per noi essere umani dare precedenza a stimoli emotivamente salienti, le cui informazioni vengono automaticamente estratte ed elaborate preferenzialmente in diversi stati consecutivi dell'elaborazione visiva (Alpers & Gerdes, 2007). La rivalità binoculare è lo strumento che meglio mette in luce il funzionamento di questo privilegio percettivo.

Alpers e Gerdes (2007) hanno esaminato tale vantaggio attraverso un disegno sperimentale che si articola in tre esperimenti progressivamente più rigorosi, per escludere eventuali variabili di disturbo o bias di risposta.

Il primo studio ha previsto l'uso di fotografie di espressione emotive felici e neutre dello stesso attore, per minimizzare eventuali differenze riscontrabili nelle differenze fisiche tra gli stimoli. Nel secondo esperimento, per minimizzare ancor di più il possibile intervento di tale effetto, sono stati utilizzati espressioni facciali schematiche. A seguire, nel terzo è stato aggiunto un compito di rilevamento di *probe*: punti di piccola dimensione presentati nell'immagine dominante o soppressa.

I risultati di tutti e tre gli esperimenti convergono in modo uniforme e chiaro: le espressioni facciali emotive predominano percettivamente sulle espressioni neutre all'interno del paradigma di rivalità binoculare. I volti che manifestano emozioni vengono visti più frequentemente come primo percetto e vengono anche percepiti per un periodo significativamente più lungo rispetto ai volti che non manifestano nessuna emozione, vale a dire neutri. Tale risultato è confermato sia nella condizione di volti reali presenti in fotografia sia da volti schematici. Il compito di rilevamento del *probe* conferma tale andamento: i *probe* sui volti emotivi vengono rilevati meglio. La predominanza dei volti emotivi è un fenomeno genuino: poiché il *probe* minimizza l'effetto di un possibile bias di risposta, cioè quando il partecipante potrebbe inconsapevolmente favorire la risposta che suppone aspettarsi lo sperimentatore, risultando una misura oggettiva e indiretta della dominanza percettiva. A livello cerebrale e neurale, Alpers e Gerdes (2007), spiegano tale comportamento attraverso la presenza di input da aree cerebrali coinvolte nell'elaborazione emotiva che influenzerebbero la competizione visiva. Ciò si articolerebbe su due livelli: a basso livello, la via bassa dell'elaborazione visiva, dove, prima ancora che l'informazione venga elaborata dalla corteccia visiva, essa viene processata dall'amigdala grazie ad un rilevamento automatico e rapido del contenuto emotivo dal talamo. L'amigdala, parte centrale per l'elaborazione di stimoli a valenza emotiva, è in grado di modulare i circuiti visivi, aumentando la forza competitiva degli stimoli emotivi durante la rivalità, anche in assenza

di elaborazione corticale tramite un processo bottom-up. Successivamente ad alto livello, top-down: l'attenzione selettiva modula la competizione, prolungando la dominanza percettiva grazie a reti frontali e parietali.

Una replica di questi risultati è stata effettuata dal gruppo di ricerca di Bannerman et al. (2008), che hanno complessivamente confermato la dominanza percettiva di stimoli emotivi in un compito di rivalità, aumentandone la validità e diminuendo la possibilità di spiegazioni alternative a tale andamento. In particolare, attraverso un disegno sperimentale articolato in diversi trial, si è giunti al risultato che l'influenza emotiva persiste anche quando l'elaborazione emotiva è implicita e irrilevante per il compito. In uno degli esperimenti, ai partecipanti venivano somministrati reticoli (in un occhio orizzontali, nell'altro occhio reticoli verticali) che entravano in competizione, con dietro come sfondo o volto felice o volto neutro. Il reticolo con allo sfondo il volto felice dominava più a lungo la percezione. Un ultimo esperimento prevedeva invece la presentazione di una faccia (emotiva o neutra) in condizione upright o invertita, che veniva presentata ad un occhio, mentre nell'altro veniva presentata l'immagine di una casa (stimolo neutro che non ha nulla a che fare con le emozioni). Il risultato, ovvero che le facce emotive dominavano la percezione più a lungo dello stimolo neutro (casa) solo nella condizione upright. Questo perché il cervello elabora in modo configurale i volti in posizione upright—processandone il contenuto emotivo—a differenza della posizione del volto invertita che, nonostante mantenga intatte le stesse caratteristiche fisiche del volto, disturba il processo di riconoscimento emotivo. Il risultato in questa specifica condizione aggiunge ulteriore conferma alla tesi del contenuto emotivo come dominatore: sappiamo infatti che in un compito di rivalità gli stimoli con contrasto più alto e maggiore luminosità tendono a dominare più a lungo. Infatti, se la dominanza dipendesse da queste caratteristiche fisiche dello stimolo, tale andamento dovrebbe emergere sia nella condizione upright che invertita.

Il fatto che la dominanza emotiva emerga esclusivamente nella condizione upright e non in quella invertita, nonostante le caratteristiche fisiche degli stimoli siano identiche, dimostra che è il contenuto emotivo, e non le proprietà fisiche di basso livello, a guidare la dominanza percettiva nella rivalità binoculare.

Complessivamente le evidenze illustrate in questo capitolo convergono su due punti importanti: il considerare la consapevolezza visiva come un fenomeno non passivo ma modulato attivamente da stati emotivi; e d'altra parte, sulla rivalità binoculare come ottimo strumento per indagare il variare l'esperienza cosciente dinnanzi uno stimolo costante. Ed è precisamente all'interno di questo framework teorico e metodologico che si inserisce lo studio sperimentale oggetto di questo progetto di tesi.

Capitolo 4

Lo studio: dalla teoria alla verifica sperimentale

4.1 Ipotesi di ricerca

Il presente studio sperimentale si inserisce in una linea di ricerca avviata dal gruppo di Quettier et al. (2021, 2023, 2024), che ha sistematicamente indagato il ruolo dei movimenti facciali nella modulazione della consapevolezza visiva delle espressioni emotive attraverso il paradigma della rivalità binoculare. In tutti questi studi è emerso che la manipolazione dei muscoli facciali tramite l'uso di un bastoncino influenzava in modo consistente il tempo cumulativo di dominanza percettiva (CT) delle espressioni facciali, aumentando la dominanza degli stimoli congruenti con lo stato affettivo indotto. In particolare nello studio di Quettier et al. 2023, il bastoncino inibiva la mimicry di movimenti facciali liberi, favorendo la dominanza percettiva dei volti neutri anziché i volti felici. Al contrario, nello studio di Quettier et al. 2024, nel quale il bastoncino induceva un sorriso posto in modo tale che si attivasse il muscolo zigomatico, emergeva una predilezione di dominanza percettiva dei volti felici rispetto ai volti neutri. Tali risultati erano stati inizialmente interpretati all'interno del framework della simulazione sensorimotoria, che come illustrato precedentemente, prevede una congruenza tra l'espressione facciale del partecipante e lo stimolo osservato, facilitando l'accesso in consapevolezza grazie alla coerenza con la simulazione. Tuttavia, come emerge dall'analisi critica condotta fino ad ora in questo elaborato, questi stessi risultati sono altrettanto compatibili con la facial feedback hypothesis: la manipolazione muscolare facciale potrebbe aver modulato la consapevolezza visiva non attraverso un meccanismo di simulazione effettore-specifico, ma attraverso una modulazione affettiva generale indotta dal feedback afferente dei muscoli facciali. Questo

studio, condotto in collaborazione con il dr. Quettier (autore degli studi precedenti) nasce dalla constatazione di una lacuna in letteratura che riesca a distinguere in maniera adeguata (sia teoricamente, che tramite un disegno sperimentale) due teorie cardine nell'ambito dell'emozione incarnata. Sebbene infatti la letteratura ha accumulato evidenze solide circa il ruolo modulatore dell'attività muscolare facciale nell'elaborazione emotiva, i disegni sperimentali fino ad ora adottati non sono risultati diagnostici: non sono in grado di attribuire i risultati osservati alla SMS effetto-specifica o ad un meccanismo modulatore più generale attribuibile alla FFH.

A tale sovrapposizione interpretativa, lo studio si propone di testare direttamente le predizioni divergenti dei meccanismi sottesi alle due teorie, attraverso un disegno sperimentale completo che include sia stimoli facciali che stimoli non facciali. Strutturando così il disegno sperimentale, è possibile creare due ipotesi diverse sulla base dei due meccanismi. E in particolare: se è la SMS effetto-specifica a guidare il meccanismo, il sorriso indotto dovrebbe aumentare la dominanza percettiva selettivamente per le facce felici, con effetti ridotti o nulli per gli stimoli non facciali. Questo perché la SMS richiede una corrispondenza specifica e diretta tra lo stimolo osservato e il sistema sensorimotorio facciale dell'osservatore. Per cui in questo caso ci si aspetterebbe un'interazione significativa tra Manipolazione $\times$ Categoria di Stimolo—effetto più forte per le facce che per gli stimoli non facciali. Se fosse invece FFH a guidare il meccanismo, i segnali afferenti dei muscoli facciali modulerebbero lo stato affettivo in modo generale e il sorriso indotto aumenterebbe la dominanza percettiva sia per gli stimoli facciali che gli stimoli non facciali. In questo caso, l'interazione tra Manipolazione $\times$ Categoria di Stimolo non dovrebbe risultare significativa—effetto trasversale alle categorie di stimoli e non specifico per i volti.

4.2 Metodologia

4.2.1 Partecipanti

Un gruppo di quaranta studentesse sane dell'Università di Padova ha partecipato allo studio (età media = 23.28, DS = 1.75, di cui 6 mancine). Il numero di partecipanti è stato scelto in conformità con il disegno di ricerca di Quettier et al. (2021, 2024), al fine di mantenere la coerenza nell'approccio metodologico. Per i calcoli dettagliati sulla dimensione del campione e la stima dell'effetto, si rimanda a <https://osf.io/xk25b/>. L'analisi della potenza statistica è stata condotta utilizzando il pacchetto pwr (Champely et al., 2017) per un t-test a misure ripetute per due diverse condizioni di mimica (solo condizione facciale) con un obiettivo di potenza del 90% basato su una dimensione dell'effetto di 0.478 (Coles et al., 2019), in linea con la nostra ipotesi direzionale sugli effetti della mimica. Tutti i partecipanti hanno fornito il consenso informato scritto, nel rispetto degli standard etici delineati nella Dichiarazione di Helsinki, e il comitato etico dell'Università di Padova ha approvato lo studio. Le partecipanti hanno riferito di avere una visione normale o corretta alla norma, e la loro visione dei colori è stata valutata tramite il Test di Daltonismo di Ishihara (Ishihara & E.J., 1918). Un totale di quattro partecipanti è stato escluso dall'analisi — due non hanno seguito le istruzioni di codifica e due non hanno sperimentato la rivalità binoculare. Al termine dell'esperimento, le partecipanti hanno completato la Toronto Alexithymia Scale (TAS-20) e l'Interpersonal Reactivity Index (IRI). I punteggi a entrambi i questionari non rientravano nell'intervallo di cut-off (TAS-20: M = 41.64, DS = 10.23, Parker et al., 2003; IRI: M = 103.64, DS = 12.04, Maddaluno et al., 2022). Il campione era composto da studentesse universitarie; ricerche future dovranno esaminare se gli effetti si replicano in gruppi misti per genere e non-WEIRD (Western, educated, industrialized, rich, developed, mettere citazione del tipo che ha inventato il terminw). La

decisione di testare esclusivamente partecipanti di sesso femminile si è basata sui risultati dei nostri studi precedenti (Quettier et al., 2021, 2024) e sulle evidenze consolidate in letteratura riguardanti le differenze di genere nella mimica facciale e nell'espressività emotiva (Dimberg & Lundquist, 1990; Sonnby-Borgström et al., 2008). La restrizione del campione alle sole partecipanti femminili ha massimizzato la potenza statistica per rilevare gli effetti ipotizzati, mantenendo al contempo la continuità con il lavoro precedente. Questa scelta metodologica ha consentito di testare i resoconti teorici concorrenti (simulazione sensorimotoria vs. ipotesi del feedback facciale) utilizzando la stessa popolazione in cui erano stati precedentemente stabiliti effetti robusti. Ricerche future dovranno esaminare se questi effetti si generalizzano a partecipanti maschili e campioni misti per genere.

4.2.2 Materiali e apparato

Gli stimoli e le apparecchiature utilizzati in questo studio erano coerenti con quelli descritti in Quettier et al. (2021). Gli stimoli visivi sono stati presentati tramite PsychoPy 3 (v. 2022.1.4, <https://www.psychopy.org/>) (Peirce et al., 2019, 2022). Gli stimoli originali sono stati selezionati dall'Open Affective Standardized Image Set, e comprendevano due volti maschili raffiguranti espressioni neutre e felici e due oggetti (fiori e oggetti da stoccaggio, si veda la Figura 1). Questi stimoli visivi sono stati creati come anaglifi, ciascuno con un angolo visivo di 8 gradi in altezza e larghezza. In questo processo, le immagini di volti o oggetti sono state sovrapposte, con i livelli dell'immagine verde e rossa invertiti, producendo due stimoli per ciascuna categoria (volti e oggetti).

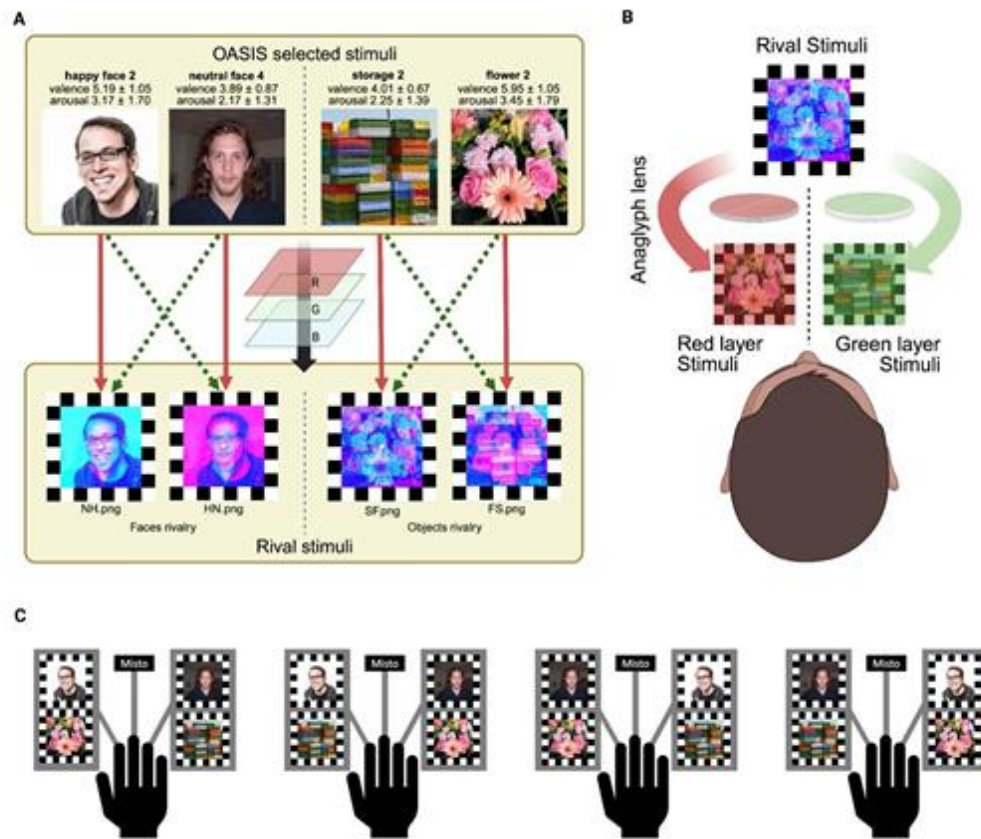


Figura 1. Stimoli visivi utilizzati nel paradigma di rivalità binoculare. Sono raffigurati i quattro stimoli utilizzati nello studio: volto felice, volto neutro, fiore e oggetto da stoccaggio. Adattato da Quettier et al. (2026).

I vincoli del paradigma di rivalità binoculare hanno reso necessario l'utilizzo di un singolo esemplare per categoria. Ogni coppia di rivalità richiedeva una corrispondenza precisa delle caratteristiche visive di basso livello (luminanza, contrasto e frequenza spaziale) per garantire che le differenze di dominanza riflettessero fattori affettivi piuttosto che percettivi. Inoltre, gli esperimenti di rivalità binoculare richiedono periodi di visione prolungati (60 secondi per trial) rendendo poco pratico presentare più esemplari per categoria a causa dell'affaticamento dei partecipanti. Gli 8 trial per blocco (4 coppie di rivalità $\times$ 2 ripetizioni) producevano già 32 minuti di visione continua della rivalità nel corso dell'esperimento. Il nostro approccio ha privilegiato la validità interna, garantendo che eventuali differenze di

dominanza tra le condizioni riflettessero la nostra manipolazione piuttosto che variabili di confondimento legate agli stimoli, pur riconoscendo il compromesso con la generalizzabilità degli stimoli.

4.2.3 Procedura

Il framework metodologico di questa ricerca è stato ispirato dai protocolli stabiliti da Quettier et al. (2021), al fine di mantenere la coerenza nelle procedure sperimentali. Lo studio ha impiegato il protocollo degli occhiali con lente rossa, come descritto da Korb et al. (2017), in cui i soggetti indossavano il filtro rosso sull'occhio non dominante (Figura 1B, vedi sopra). Per determinare la dominanza oculare, i partecipanti hanno eseguito il test del foro nella carta: veniva consegnata loro una carta con un foro e veniva chiesto di guardare un bersaglio distante (tre metri) attraverso il foro, identificando come occhio dominante quello che manteneva una linea visiva nitida.

Prima di iniziare l'esperimento, le partecipanti hanno completato una sessione di training con un compito simulato di rivalità binoculare con immagini statiche (immagini identiche presentate a entrambi gli occhi). Questo training garantiva che i partecipanti comprendessero correttamente le istruzioni del compito e potessero tracciare accuratamente le proprie esperienze percettive durante la rivalità binoculare. Poiché le difficoltà nell'esecuzione del compito potevano derivare da un'errata interpretazione delle istruzioni, questo passaggio è stato implementato per familiarizzare i partecipanti con il processo di risposta. La sessione di training durava circa 2 minuti, durante i quali i partecipanti avevano 1 secondo per categorizzare ciascuna immagine statica secondo le stesse istruzioni di risposta utilizzate nei blocchi di rivalità. Solo i partecipanti con un punteggio di accuratezza di almeno l'80% erano autorizzati a procedere all'esperimento principale.

L'esperimento è stato condotto in una singola sessione, divisa in quattro blocchi distinti. In due blocchi i partecipanti esibivano mimica facciale naturale, mentre negli altri due erano tenuti a stringere un bastoncino con i denti, un metodo dimostrato capace di attivare il muscolo zigomatico maggiore e indurre un sorriso standardizzato, come descritto in Quettier et al. (2021). La sequenza delle condizioni di espressione facciale era controbilanciata tra i partecipanti. Ogni blocco sperimentale presentava quattro stimoli visivi di rivalità distinti in sequenza randomizzata, con ciascuno stimolo presentato due volte, per un totale di otto trial per blocco. Gli stimoli erano visualizzati per 60 secondi, preceduti da un punto di fissazione di 2 secondi e seguiti da un intervallo di 3 secondi di schermo nero. La registrazione delle risposte in tempo reale era facilitata dall'uso da parte dei partecipanti di tre tasti adiacenti della tastiera (J, K, L) per registrare le proprie esperienze visive, che potevano variare tra due volti o due oggetti. Le istruzioni pre-blocco chiarivano la mappatura delle risposte, con i tasti “J” e “L” che rappresentavano stimoli specifici (ad esempio “felice”/”fiore” e “neutro”/”stoccaggio”, “neutro”/”fiore” e “felice”/”stoccaggio”, ecc) e “K” per le percezioni miste, risultando in 4 diverse combinazioni di tasti (si veda la Figura 1C). Gli stimoli associati ai tasti “J” e “L” erano controbilanciati tra i blocchi. Per attenuare l'affaticamento, venivano suggerite pause a metà e dopo ogni blocco. Dopo aver completato ogni serie di due blocchi in diverse condizioni facciali, l'impatto emotivo degli stimoli (valenza) e la sua intensità (arousal) venivano valutati utilizzando scale da -3 a +3 per la valenza e da +1 a +7 per l'arousal.

Durante ogni blocco con il bastoncino, lo sperimentatore rimaneva nella stanza di test, seduto fuori asse in modo che il partecipante non potesse vederlo, ma con una visuale libera sulla parte inferiore del volto del partecipante. Prima del primo trial, la postura corretta veniva dimostrata tenendo il bastoncino orizzontalmente tra i denti posteriori con le labbra rilassate, e lo sperimentatore confermava che gli angoli della bocca fossero visibilmente sollevati. Per

tutta la durata di ogni trial di 60 secondi, lo sperimentatore monitorava in tempo reale la postura del partecipante; se il bastoncino scivolava o le labbra si stringevano attorno ad esso, il trial veniva messo in pausa e riavviato dopo che il partecipante aveva ristabilito la configurazione del sorriso. Al termine di ogni blocco con il bastoncino, lo sperimentatore chiedeva informalmente se la postura avesse causato disagio; nessun partecipante ha riferito dolore o affaticamento alla mascella. L'osservazione diretta continua ha quindi garantito che la configurazione di induzione del sorriso fosse mantenuta per tutta la durata dei trial di manipolazione.

4.3 Risultati

4.3.1 Elaborazione dei dati e approccio analitico

Durante la fase di elaborazione dei dati, sono stati calcolati i tempi cumulativi (CT) per ciascun contenuto percettivo. Positivo: volto felice e fiore; neutro: volto neutro e oggetto da stoccaggio, al fine di quantificare la dominanza percettiva, distinguendo tra percetti misti e chiari nella rivalità. I CT sono stati generati sommando la durata di ciascuna esperienza percettiva all'interno di un singolo trial, escludendo il tempo precedente alla prima risposta registrata.

Nella fase di analisi statistica è stato utilizzato il software R (versione 3.6.3, R Core Team, 2021). È stata condotta un'ANOVA a misure ripetute ($2 \text{ manipolazione} \times 3 \text{ contenuto} \times 2 \text{ rivalità}$) per esaminare in che modo la manipolazione facciale (nessuna vs. bastoncino), la natura del contenuto (positivo, misto, neutro) e il tipo di rivalità (oggetti o volti) influenzassero i CT. Successivamente sono stati condotti test post hoc pianificati per facilitare un confronto dettagliato.

4.3.2 Analisi dei dati

La Figura 2 illustra l'effetto della manipolazione facciale sulla percezione cosciente di ciascun partecipante. Sull'asse x è rappresentato il tempo in secondi in cui ciascuno stimolo è stato percepito consapevolmente nella condizione baseline (espressione facciale neutra). Sull'asse y è rappresentato il tempo di percezione cosciente degli stessi stimoli nella condizione di sorriso indotto tramite bastoncino. Ogni punto confronta le due condizioni per i singoli partecipanti, con simboli diversi che indicano il tipo di contenuto visivo dominante durante la rivalità binoculare: i cerchi turchese rappresentano gli stimoli positivi (volti felici e fiori), i triangoli arancioni rappresentano i percetti misti (percezione simultanea di stimoli positivi e neutri), e infine i quadrati rossi rappresentano gli stimoli neutri (volti neutri e oggetti da stoccaggio). Il pattern rivela che gli stimoli positivi, cerchi color turchese, si raggruppano al di sopra della linea diagonale, indicando che i partecipanti hanno percepito i contenuti positivi per periodi più lunghi durante il sorriso rispetto all'espressione neutra. Gli stimoli misti (triangoli arancioni) si collocano prevalentemente al di sotto della diagonale, indicando che il sorriso riduceva il tempo in cui questi percetti ambigui rimanevano nella consapevolezza cosciente. Gli stimoli neutri (quadrati rossi) si distribuiscono attorno alla linea diagonale, mostrando una differenza minima tra le condizioni di sorriso ed espressione

neutra.

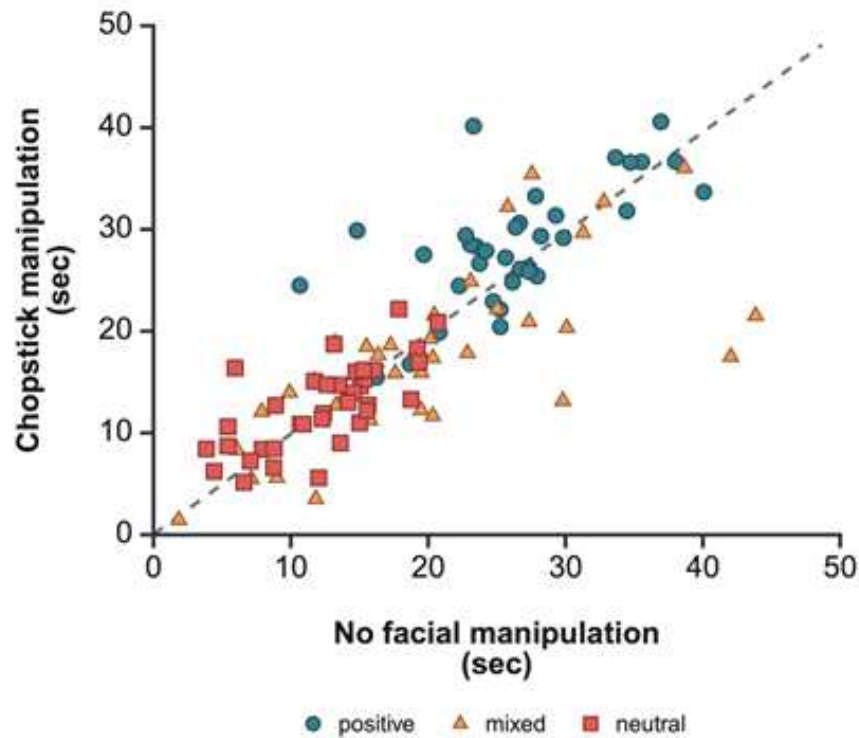


Figura 2. Dati individuali dei partecipanti che mostrano l'effetto della manipolazione facciale sui tempi di dominanza cosciente. Per ciascun partecipante, l'asse x rappresenta il tempo cumulativo di percezione cosciente — CT, in secondi — nella condizione di espressione facciale neutra, mentre l'asse y rappresenta il CT nella condizione di sorriso indotto tramite bastoncino. Simboli diversi indicano il tipo di contenuto visivo che ha dominato la coscienza durante la rivalità binoculare: i cerchi turchese rappresentano gli stimoli positivi — volti felici e fiori — i triangoli arancioni rappresentano i percetti misti — percezione simultanea di stimoli positivi e neutri — i quadrati rossi rappresentano gli stimoli neutri — volti neutri e oggetti da stoccaggio. La linea tratteggiata a 45° indica una dominanza equivalente tra le condizioni. I punti al di sopra della linea indicano una dominanza più lunga durante la manipolazione del sorriso, mentre i punti al di **sotto** indicano una dominanza più lunga durante l'espressione neutra. Il raggruppamento sistematico degli stimoli positivi al di sopra della diagonale, degli stimoli misti al di sotto e degli stimoli neutri attorno ad essa dimostra visivamente la significativa interazione Manipolazione × Contenuto. Adattato da Quettier et al. (2026).

4.3.3 Analisi statistica

L'analisi statistica tramite ANOVA a misure ripetute ha confermato i pattern visivi. L'analisi ha incluso tre fattori within-subject: manipolazione del movimento facciale (sorriso vs. libero), tipo di rivalità (volti vs. oggetti) e tipo di contenuto (positivo vs. misto vs. neutro).

Né la manipolazione facciale da sola: $F(1, 35) = 0.47, p = .49, \eta_p^2 = 0.01, BF_{01} = 9.43$; né il tipo di rivalità da sola: $F(1, 35) = 0.97, p = .33, \eta_p^2 = 0.03, BF_{01} = 9.61$, hanno influenzato significativamente i tempi di percezione cosciente. Il tipo di contenuto ha invece mostrato un effetto principale significativo: $F(1.26, 43.97) = 32.21, p < .001, \eta_p^2 = 0.48, BF_{10} = 2.76$, con gli stimoli positivi che dominavano la coscienza più a lungo rispetto agli altri tipi di stimoli. (vedi Figura 3).

L'analisi dell'interazione tra tipo di rivalità e contenuto $F(1.94, 76.91) = 49.63, p < .001, \eta_p^2 = 0.59, BF_{10} = 2.15$, ha confermato pattern di dominanza differenziali tra le categorie di stimoli.

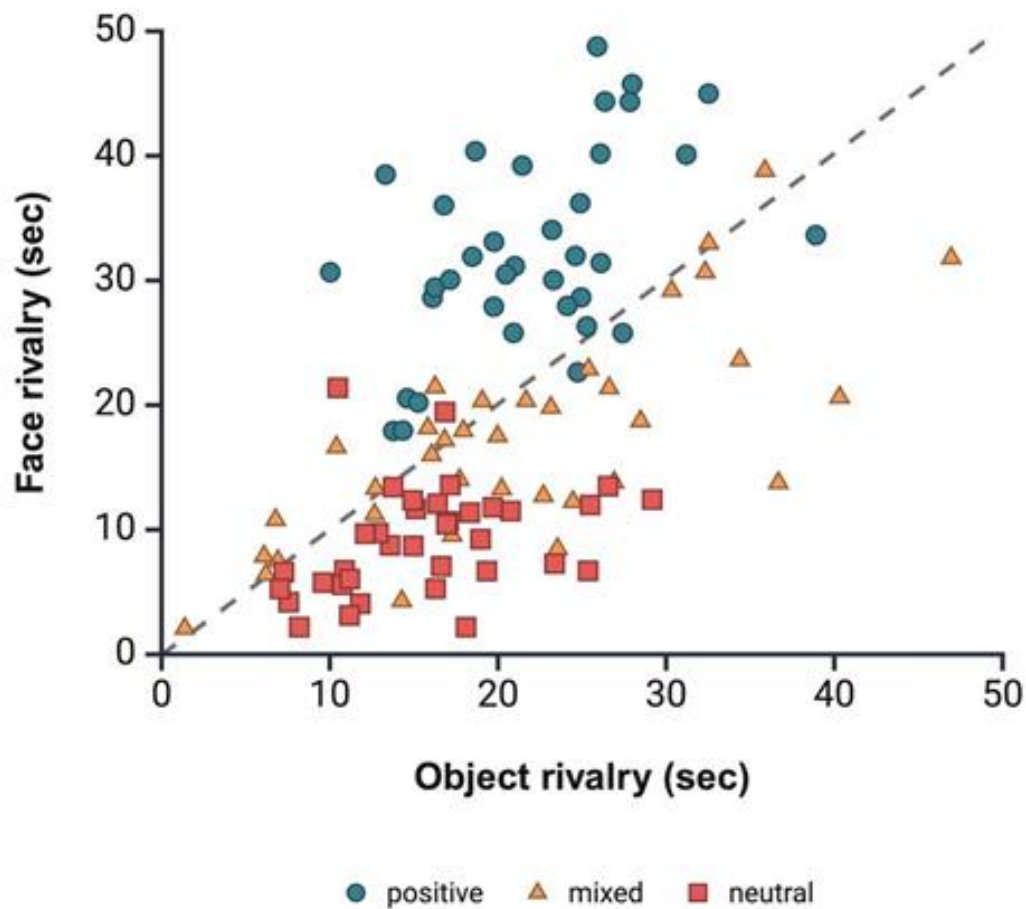


Figura 3. *Tempi di dominanza cosciente a confronto tra la condizione di rivalità tra oggetti e la condizione di rivalità tra volti.* Ogni punto dati rappresenta il tempo di dominanza cosciente — CT, in secondi — di un singolo partecipante per un contenuto visivo specifico durante la rivalità binoculare. L'asse x mostra i tempi di dominanza durante la rivalità tra oggetti (fiore vs. oggetto da stoccaggio) mentre l'asse y mostra i tempi di dominanza durante la rivalità tra volti — volti felici vs. volti neutri. I simboli indicano il tipo di contenuto: i cerchi turchese rappresentano gli stimoli positivi, i triangoli arancioni i percetti misti, i quadrati rossi gli stimoli neutri. La linea tratteggiata diagonale indica una dominanza equivalente tra i tipi di rivalità. I punti al di sopra della diagonale indicano una dominanza più lunga durante la rivalità tra volti rispetto alla rivalità tra oggetti. La netta separazione tra le categorie di stimoli — con gli stimoli positivi che raggiungono tempi di dominanza sostanzialmente più lunghi rispetto ai contenuti misti o neutri, particolarmente pronunciata per gli stimoli facciali — illustra la significativa interazione Tipo di Rivalità $\times$ Contenuto. Adattato da Quettier et al. (2026).

Complessivamente, questi risultati sottolineano l'influenza significativa del contenuto visivo sui tempi cumulativi di dominanza, e suggeriscono che la condizione di mimica possa modulare questo effetto in contesti specifici. In particolare per gli stimoli a valenza positiva,

come le espressioni felici e i fiori, dove i CT erano significativamente più lunghi nella condizione bastoncino (vedi Figura 4).

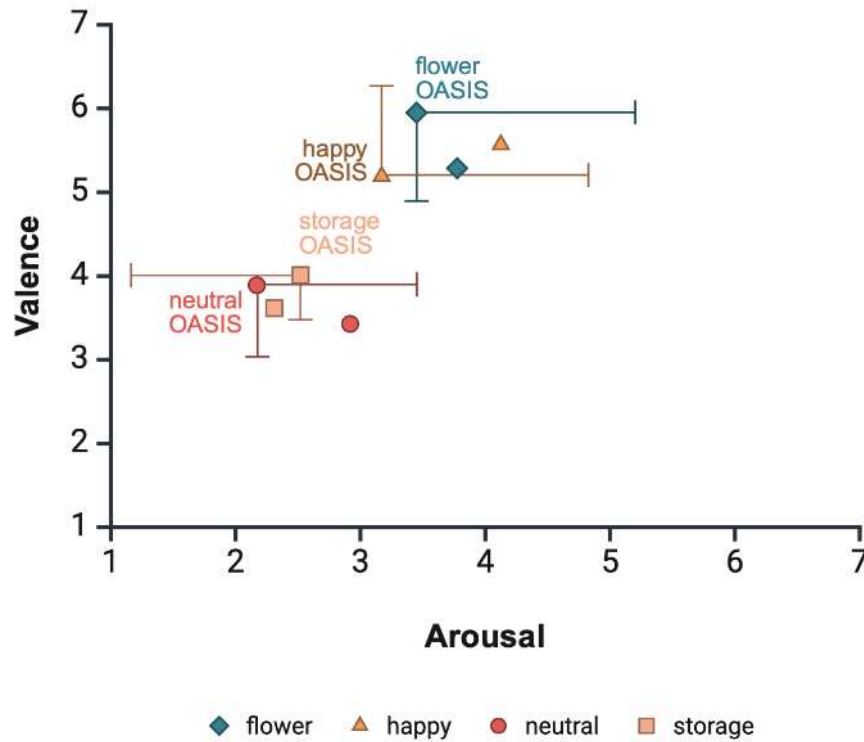


Figura 4. Valutazioni di arousal e valenza per tutti gli stimoli sperimentali rappresentate nello spazio affettivo. Ogni punto rappresenta le valutazioni medie con barre di errore che indicano l'errore standard della media. Le categorie di stimoli sono codificate per colore: diamanti turchese = fiori, triangoli arancioni = volti felici, cerchi rossi = volti neutri, quadrati rosa = oggetti da stoccaggio. Le valutazioni del database OASIS sono incluse a scopo comparativo, mostrando che la selezione degli stimoli ha bilanciato con successo arousal e valenza tra le categorie facciali e non facciali. Gli stimoli positivi (fiori e volti felici) si raggruppano nel quadrante ad alta valenza e arousal moderato-alto, mentre gli stimoli neutri (volti neutri e oggetti da stoccaggio) si raggruppano nella regione a valenza neutra e arousal basso-moderato, confermando un appropriato abbinamento degli stimoli per il disegno sperimentale. Adattato da Quettier et al. (2026).

Capitolo 5

Discussione e Conclusioni

5.1 Sintesi

Il presente lavoro si è proposto di affrontare una questione teorica fondamentale nell'ambito della cognizione incarnata: distinguere empiricamente la Facial Feedback Hypothesis e la Sensorimotor Simulation Theory che, pur differendo profondamente nelle loro premesse causali, avevano fino ad ora generato previsioni di sovrapposte, rendendo difficoltosa la loro dissociazione sulla base della letteratura esistente. Come illustrato nei capitoli precedenti, gli studi che avevano indagato il ruolo dell'attività muscolare facciale nell'elaborazione emotiva si erano rivelati sistematicamente non-diagnostici: incapaci cioè di attribuire i risultati osservati all'uno o all'altro meccanismo, causa assenza di stimoli emotivi non facciali come condizione di controllo critica.

A partire da questa lacuna, il presente lavoro di ricerca ha adottato un paradigma di rivalità binoculare con un disegno diagnostico completo, includendo sia stimoli facciali (volti felici e neutri), che stimoli non facciali (fiori e oggetti da stoccaggio), abbinati per valenza e arousal. Quaranta studentesse dell'Università di Padova sono state sottoposte a due condizioni di manipolazione facciale: una condizione baseline con mimica libera e una condizione in cui un bastoncino veniva tenuto orizzontalmente tra i denti, inducendo l'attivazione del muscolo zigomatico maggiore, simulando un sorriso standardizzato. La variabile dipendente era il tempo cumulativo di dominanza percettiva, CT, ovvero il tempo totale in cui ciascuno stimolo dominava la consapevolezza visiva durante i trial di rivalità.

5.2 Discussione dei risultati

I risultati hanno evidenziato in primo luogo un effetto principale del tipo di contenuto, indipendente dalla condizione di manipolazione: gli stimoli positivi (volti felici e fiori), dominavano la consapevolezza visiva più a lungo rispetto agli stimoli neutri. Questo dato replica e conferma le conclusioni di ricerche precedenti (Alpers & Gerdes, 2007; Bannerman et al., 2009), attestando l'adeguatezza del paradigma e la qualità dei dati raccolti. Il risultato più rilevante riguarda l'interazione significativa tra manipolazione facciale e tipo di contenuto. Il sorriso indotto tramite bastoncino ha aumentato il tempo cumulativo di dominanza percettiva sia per i volti felici che per i fiori, lasciando invariata la dominanza per gli stimoli neutri. Contestualmente, il sorriso ha ridotto i percetti misti, suggerendo che il feedback facciale affini la selezione percettiva in favore dei contenuti affettivamente congruenti.

Questa generalizzazione cross-categoriale dell'effetto che si estende da stimoli facciali a stimoli non facciali, costituisce il contributo empirico centrale dello studio e non è compatibile con la predizione della Sensorimotor Simulation Theory nella sua versione effetto-specifica. Secondo la SMS infatti, il sorriso indotto avrebbe dovuto potenziare selettivamente la dominanza dei soli volti felici (gli unici stimoli che condividono una corrispondenza diretta con il sistema sensorimotorio facciale dell'osservatore). Il fatto che l'effetto si estenda anche ai fiori supporta invece la Facial Feedback Hypothesis: il feedback afferente dai muscoli facciali modula lo stato affettivo in modo generale, orientando la consapevolezza visiva verso i contenuti emotivamente congruenti indipendentemente dalla loro natura facciale o non facciale. La modulazione dello stato emotivo risulta ancora più rilevante se si considera la scomodità indotta dalla condizione di tenere in bocca il bastoncino e i muscoli zigomatici attivi.

Questi risultati si integrano coerentemente con la posizione supportata da questo elaborato che identifica nella mancanza di stimoli non facciali come condizione di controllo, il limite metodologico fondamentale della letteratura precedente. Studi classici come Pitcher et al. (2008), Rychlowska et al. (2014) e Borgomaneri et al. (2020), tradizionalmente interpretati come evidenza della SMS, risultano ora rileggibili alla luce della FFH. Il presente studio colma questa lacuna, fornendo la prima evidenza empirica diretta che l'effetto dell'attività muscolare facciale sulla consapevolezza visiva non è effettore-specifico ma generalizzato.

5.3 Conclusioni

I risultati di questo studio supportano il ruolo del feedback facciale come meccanismo modulatorio generale della consapevolezza visiva. Adottando un paradigma di rivalità binoculare con un disegno diagnostico che includeva stimoli facciali e non facciali abbinati per valenza e arousal, abbiamo mostrato che il sorriso indotto tramite bastoncino aumenta la dominanza percettiva non solo per i volti felici ma anche per i fiori, ovvero stimoli positivi privi di qualsiasi corrispondenza con il sistema sensorimotorio facciale. Questa generalizzazione cross-categoriale sfida la predizione effettore-specifica della Sensorimotor Simulation Theory e si pone in linea con la Facial Feedback Hypothesis, secondo cui i segnali afferenti dai muscoli facciali modulano lo stato affettivo in modo generale, orientando la consapevolezza visiva verso i contenuti emotivamente congruenti indipendentemente dalla categoria di stimolo.

Collocando questi risultati nel framework più ampio della cognizione incarnata, discusso ampiamente nei capitoli introduttivi di questo elaborato, il corpo non è un semplice elaboratore di informazioni ma un agente attivo che co-determina la natura dei processi cognitivi ed emotivi. Il presente studio aggiunge a questo principio generale una specificazione importante: gli stati corporei, e in particolare il feedback muscolare facciale,

non influenzano solo la valutazione soggettiva degli stimoli emotivi, ma modulano attivamente quali contenuti accedono alla consapevolezza visiva, modulando la selezione percettiva in favore dei contenuti emotivamente congruenti.

Bibliografia

- Alpers, G. W., & Gerdes, A. B. M. (2007). Here is looking at you: Emotional faces predominate in binocular rivalry. *Emotion*, 7(3), 495–506.
<https://doi.org/10.1037/1528-3542.7.3.495>
- Aru, J., & Bachmann, T. (2017). In and out of consciousness: How does conscious processing (d)evolve over time? *Frontiers in Psychology*, 8.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00128>
- Bannerman, R. L., Milders, M., De Gelder, B., & Sahraie, A. (2008). Influence of emotional facial expressions on binocular rivalry. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 28(4), 317–326.
<https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2008.00568.x>
- Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 22(4), 577–609.
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology*, 59(1), 617–645.
<https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093639>
- Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., & Damasio, A. R. (1997). Deciding advantageously before knowing the advantageous strategy. *Science*, 275(5304), 1293–1295.
<https://doi.org/10.1126/science.275.5304.1293>
- Blake, R. (1989). A neural theory of binocular rivalry. *Psychological Review*, 96(1), 145–167. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.96.1.145>
- Blake, R., & Logothetis, N. K. (2002). Visual competition. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(1), 13–21. <https://doi.org/10.1038/nrn701>
- Borgomaneri, S., Bolloni, C., Sessa, P., & Avenanti, A. (2020). Blocking facial mimicry affects recognition of facial and body expressions. *PLoS ONE*, 15(2), e0229364.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229364>
- Caruana, F., & Borghi, A. M. (2013). Embodied cognition: una nuova psicologia. *Giornale Italiano di Psicologia*.

- Coles, N. A., Larsen, J. T., & Lench, H. C. (2019). A meta-analysis of the facial feedback literature: Effects of facial feedback on emotional experience are small and variable. *Psychological Bulletin*, 145(6), 610–651. <https://doi.org/10.1037/bul0000194>
- Coles, N. A., March, D. S., Marmolejo-Ramos, F., Larsen, J. T., Arinze, N. C., Ndukaihe, I. L. G., Willis, M. L., Foroni, F., Reggev, N., Mokady, A., Forscher, P. S., Hunter, J. F., Kaminski, G., Yüvrük, E., Kapucu, A., Nagy, T., Hajdu, N., Tejada, J., Freitag, R. M. K., ... Liuzza, M. T. (2022). A multi-lab test of the facial feedback hypothesis by the Many Smiles Collaboration. *Nature Human Behaviour*, 6(12), 1731–1742. <https://doi.org/10.1038/s41562-022-01458-9>
- Crick, F., & Koch, C. (1990). Towards a neurobiological theory of consciousness. *Seminars in the Neurosciences*, 2, 263–275.
- Damasio, A. R. (1994). *Descartes' error: Emotion, reason, and the human brain*. Putnam.
- Darwin, C. (1872). *The expression of the emotions in man and animals*. John Murray. <https://doi.org/10.1037/10001-000>
- Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122(3), 371–396. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.122.3.371>
- Dehaene, S., & Changeux, J.-P. (2011). Experimental and theoretical approaches to conscious processing. *Neuron*, 70(2), 200–227. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2011.03.018>
- Finzi, E., & Rosenthal, N. E. (2014). Treatment of depression with onabotulinumtoxinA: A randomized, double-blind, placebo controlled trial. *Journal of Psychiatric Research*, 52, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2013.11.006>
- Fischer, M. H. (2012). A hierarchical view of grounded, embodied, and situated numerical cognition. *Cognitive Processing*, 13(S1), 161–164. <https://doi.org/10.1007/s10339-012-0477-5>

- Foglia, L., & Wilson, R. A. (2013). Embodied cognition. *WIREs Cognitive Science*, 4(3), 319–325. <https://doi.org/10.1002/wcs.1226>
- Gallese, V. (2003). The roots of empathy: The shared manifold hypothesis and the neural basis of intersubjectivity. *Psychopathology*, 36(4), 171–180. <https://doi.org/10.1159/000072786>
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Houghton Mifflin.
- Goldman, A. I., & Sripada, C. S. (2005). Simulationist models of face-based emotion recognition. *Cognition*, 94(3), 193–213. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2004.01.005>
- Jiang, Y., & He, S. (2006). Cortical responses to invisible faces: Dissociating subsystems for facial-information processing. *Current Biology*, 16(20), 2023–2029. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2006.08.084>
- Kraft, T. L., & Pressman, S. D. (2012). Grin and bear it: The influence of manipulated facial expression on the stress response. *Psychological Science*, 23(11), 1372–1378. <https://doi.org/10.1177/0956797612445312>
- Lamme, V. A. F. (2006). Towards a true neural stance on consciousness. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(11), 494–501. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.09.001>
- Laureys, S. (2005). The neural correlate of (un)awareness: Lessons from the vegetative state. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(12), 556–559. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.10.010>
- Leopold, D. A., & Logothetis, N. K. (1999). Multistable phenomena: Changing views in perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(7), 254–264. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(99\)01332-7](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(99)01332-7)
- Niedenthal, P. M. (2007). Embodying emotion. *Science*, 316(5827), 1002–1005. <https://doi.org/10.1126/science.1136930>
- Niedenthal, P. M., & Maringer, M. (2009). Embodied emotion considered. *Emotion Review*, 1(2), 122–128. <https://doi.org/10.1177/1754073908100437>

- Niedenthal, P. M., Mermillod, M., Maringer, M., & Hess, U. (2010). The simulation of smiles (SIMS) model: Embodied simulation and the meaning of facial expression. *Behavioral and Brain Sciences*, 33(6), 417–433. <https://doi.org/10.1017/s0140525x10000865>
- Pitcher, D., Garrido, L., Walsh, V., & Duchaine, B. C. (2008). Transcranial magnetic stimulation disrupts the perception and embodiment of facial expressions. *The Journal of Neuroscience*, 28(36), 8929–8933. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.1450-08.2008>
- Poppa, T., & Bechara, A. (2018). The somatic marker hypothesis: Revisiting the role of the 'body-loop' in decision-making. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 19, 61–66. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2017.10.007>
- Quettier, T., Ghislandi, A., Tsuchiya, N., & Sessa, P. (2026). Induced smiling stabilizes visual awareness of positive images during binocular rivalry. https://doi.org/10.31234/osf.io/v96xh_v1
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, 27(1), 169–192. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230>
- Rychlowska, M., Cañadas, E., Wood, A., Krumhuber, E. G., Fischer, A., & Niedenthal, P. M. (2014). Blocking mimicry makes true and false smiles look the same. *PLoS ONE*, 9(3), e90876. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090876>
- Schiano Lomoriello, A., Quettier, T., Costa, S., Ghislandi, A., & Sessa, P. (in press). Facial feedback or sensorimotor simulation? Two conflated mechanisms in embodied emotion research.
- Strack, F., Martin, L. L., & Stepper, S. (1988). Inhibiting and facilitating conditions of the human smile: A nonobtrusive test of the facial feedback hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(5), 768–777. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.54.5.768>
- Tomkins, S. S. (1962). *Affect, imagery, consciousness: Vol. 1. The positive affects*. Springer.

- Tong, F., Meng, M., & Blake, R. (2006). Neural bases of binocular rivalry. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(11), 502–511. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2006.09.003>
- Tsuchiya, N., & Adolphs, R. (2007). Emotion and consciousness. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(4), 158–167. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.01.005>
- Tucker, M., & Ellis, R. (1998). On the relations between seen objects and components of potential actions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(3), 830–846. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.24.3.830>
- Wagenmakers, E.-J., Beek, T., Dijkhoff, L., Gronau, Q. F., Acosta, A., Adams, R. B., Jr., ... Zwaan, R. A. (2016). Registered replication report: Strack, Martin, & Stepper (1988). *Perspectives on Psychological Science*, 11(6), 917–928. <https://doi.org/10.1177/1745691616674458>
- Wicker, B., Keysers, C., Plailly, J., Royet, J.-P., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2003). Both of us disgusted in my insula: The common neural basis of seeing and feeling disgust. *Neuron*, 40(3), 655–664. [https://doi.org/10.1016/s0896-6273\(03\)00679-2](https://doi.org/10.1016/s0896-6273(03)00679-2)
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 625–636. <https://doi.org/10.3758/bf03196322>
- Winkielman, P., & Berridge, K. C. (2004). Unconscious emotion. *Current Directions in Psychological Science*, 13(3), 120–123. <https://doi.org/10.1111/j.0963-7214.2004.00288.x>
- Wood, A., Rychlowska, M., Korb, S., & Niedenthal, P. (2016). Fashioning the face: Sensorimotor simulation contributes to facial expression recognition. *Trends in Cognitive Sciences*, 20(3), 227–240. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.12.010>