



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia

**Corso di laurea in scienze psicologiche dello sviluppo, della
personalità e delle relazioni interpersonali**

Elaborato finale

**Elaborazione del volto e possibili effetti
della mascherina sulla percezione facciale**

**Face processing and possible effects of
face masks on facial perception**

Relatore
Prof. Claudio Gentili

Laureanda: Lea Dietzel
Matricola: 1224665

Anno Accademico 2021/22

*“Noi chiamiamo volto il modo in cui si
presenta l’Altro. Questo modo non consiste
nel mostrarsi come un insieme di qualità che
formano un’immagine. Il volto d’Altro
distrugge ad ogni istante e oltrepassa
l’immagine plastica che mi lascia. [...] La
vera natura del volto, il suo segreto sta
altrove: nella domanda che mi rivolge,
domanda che è al contempo una richiesta di
aiuto e una minaccia.”*

E. Lévinas

Elaborazione del volto e possibili effetti della mascherina sulla percezione facciale

INDICE

INTRODUZIONE	p. 4
1. ELABORAZIONE PERCETTIVA DEL VOLTO	p. 6
1.1. Alcuni modelli teorici	p. 6
• Elaborazione olistica	
• Categorizzazione e riconoscimento	
• Via cognitiva e via affettiva	
1.2. Meccanismi innati e specifici o appresi nell'esperienza?	p. 12
• Fattori innati e acquisiti	
• Volti come stimoli speciali	
• Sistema neurale specifico	
2. SISTEMA NEURALE PER LA PERCEZIONE FACCIALE	p. 16
2.1. Sistema neurale distribuito (Haxby, Hoffman e Gobbini)	p. 16
• <i>Core system</i> : analisi visiva dei volti	
• <i>Extended system</i> : estrazione di significati dai volti	
3. IMPATTO DELLA MASCHERINA SULL'ELABORAZIONE DEL VOLTO	p. 23
• Strategia visiva e movimenti oculari	
• Espressioni facciali e riconoscimento delle emozioni	
• Sviluppo	
• Sguardo e spostamento dell'attenzione	
• Identità, età e genere	
• Elaborazione olistica	
• Plasticità sinaptica	
4. ELABORAZIONE DEL VOLTO E fMRI: RACCOLTA E SELEZIONE DELLE PUBBLICAZIONI PER UNA SUCCESSIVA METANALISI	p. 29
• Procedura di selezione degli articoli e altre osservazioni	
CONCLUSIONI	p. 31
BIBLIOGRAFIA	p. 33

INTRODUZIONE

Il volto gioca un ruolo fondamentale nell'incontro con l'Altro, è il modo in cui ci presentiamo e ci sveliamo in ogni rapporto. Attraverso l'elaborazione del volto siamo in grado di ricavare numerose informazioni essenziali al nostro vivere sociale. Elaborare un volto non significa solo integrare dati visivi su occhi, naso e bocca che lo compongono, ma comporta un processo più ampio di valutazione del soggetto e dei segnali sociali che trasmette. Saper ricavare diversi tipi di informazioni dai volti che osserviamo diventa pertanto fondamentale nei processi di interazione sociale da cui dipende il nostro intero sviluppo. Per questo motivo nell'uomo la percezione facciale è un'abilità visiva particolarmente sviluppata e sofisticata. Siamo in grado di analizzare facce nuove e di riconoscere quelle già viste e familiari, anche a distanza di lungo tempo. Riusciamo ad identificare un individuo anche quando le condizioni visive in cui lo osserviamo sono molto diverse rispetto al passato. Riconosciamo infatti un volto a noi familiare nonostante nuove prospettive, angolazioni, illuminazioni o accessori e, in modo altrettanto accurato, percepiamo che un volto è sconosciuto, unico e distinto dai volti precedentemente incontrati quando lo incontriamo per la prima volta.

Estremamente accurata è anche l'analisi delle espressioni e dei movimenti facciali da cui estraiamo informazioni che riguardano sensazioni e stati emotivi altrui. Osservando un volto tentiamo di indagare intenzioni, pensieri ed emozioni dell'altro al fine di comprenderlo.

Sul funzionamento di questo complesso processo di elaborazione sono state formulate diverse ipotesi e sono stati svolti numerosi studi.

In questo elaborato verranno sinteticamente esposte le ipotesi ed evidenze sperimentali emerse nel tempo a favore dell'esistenza di un meccanismo visivo specifico per l'elaborazione del volto.

Per quanto riguarda l'organizzazione neurale e le aree cerebrali coinvolte in questo processo, verrà illustrato un modello emerso da studi di neuroimaging, che propone una percezione dei volti mediata da sistemi distribuiti in più aree cerebrali.

Queste conoscenze costituiscono il punto di partenza per una riflessione non solo sul meccanismo in sé di elaborazione del volto, ma anche su come questo processo possa essere alterato da determinate condizioni visive.

Negli ultimi anni la pandemia causata dal virus SARS-CoV-2 ha imposto l'utilizzo di dispositivi di protezione delle vie respiratorie in ogni ambito della vita sociale. L'uso della mascherina non può che aver compromesso il nostro normale processo di lettura dei volti e ci si è domandato in che modo esso si sia eventualmente riadattato e riorganizzato.

Studi recenti hanno indagato gli effetti di tale dispositivo su identificazione facciale, riconoscimento delle espressioni, elaborazione emotiva del viso e risposte neurali ai volti. Alcuni studi in particolare

hanno voluto investigare le conseguenze di un volto parzialmente coperto sullo sviluppo percettivo e sociale dei bambini.

Al momento non esistono studi di neuroimaging sulla percezione facciale in presenza di mascherina, è presente tuttavia una grande quantità di ricerche scientifiche che hanno indagato l'elaborazione del volto e delle sue parti con tecniche di imaging cerebrale. L'analisi dei risultati riportati da tali pubblicazioni potrebbe essere un punto di partenza per evidenziare le differenti attivazioni neurali di fronte a un volto intero o visibile solo in parte, come avviene con l'uso della mascherina.

L'obiettivo di questo lavoro è quindi raccogliere ed esaminare la letteratura esistente sulle aree cerebrali coinvolte nell'elaborazione del volto e delle sue parti. In particolare, sono stati selezionati studi che hanno utilizzato come tecnica di neuroimaging la risonanza magnetica funzionale (fMRI), al fine di preparare una raccolta utile ad un futuro lavoro di metanalisi.

Nell'ultima parte di questo elaborato saranno infatti presentati i risultati emersi dalla letteratura raccolta.

1. ELABORAZIONE PERCETTIVA DEL VOLTO

Diverse teorie, modelli e studi hanno cercato di spiegare i meccanismi che ci permettono di percepire e leggere i volti in modo così automatico e veloce. Di seguito alcuni dei principali interrogativi a cui le ricerche hanno cercato di rispondere. Quando osserviamo una faccia la percepiamo come somma delle sue strutture o come un insieme globale? Come riconosciamo immediatamente che uno stimolo visivo è un volto umano e magari amico o familiare? In che modo nell'osservare un volto recuperiamo tutta una serie di informazioni che non sono solo visive, ma anche di tipo affettivo ed emotivo? L'elaborazione dei volti nell'uomo è un processo innato e specifico o è appreso nell'esperienza?

Il seguente capitolo si propone di riassumere le principali teorie emerse dagli studi sul funzionamento della percezione facciale.

1.1. ALCUNI MODELLI TEORICI

Elaborazione olistica

Ogni volto presenta due tipi di informazioni fondamentali all'elaborazione: le caratteristiche e la configurazione. Con *caratteristiche* ci si riferisce a tutte quelle componenti del volto che possono essere considerate in modo relativamente indipendente, come ad esempio occhi, naso e bocca. Per *configurazione*, invece, si intende la relazione spaziale tra le caratteristiche del viso, che perciò non vengono percepite singolarmente, ma in un'unica rappresentazione globale.

Sulla base di queste due informazioni che possiamo ricavare dai volti sono state sviluppate diverse ipotesi. La *featural hypothesis*, ad esempio, considera la percezione del volto come una somma delle caratteristiche che lo compongono (Garner, 1978). Al contrario, l'ipotesi olistica propone un'elaborazione simultanea delle caratteristiche facciali e della loro configurazione, con la percezione di un insieme unico e integrato (Sergent, 1984). Nell'elaborazione olistica i singoli tratti non possono essere percepiti in modo indipendente rispetto all'intero viso, ma solo come parti di un unico complesso percettivo. Pertanto, secondo l'ipotesi olistica, la percezione delle singole caratteristiche facciali è necessariamente influenzata dall'insieme di cui fanno parte.

Numerosi esperimenti hanno sostenuto quest'ultima ipotesi, dimostrando la presenza di un'elaborazione di tipo olistico in tre paradigmi sperimentali in particolare: effetto inversione, *face composite task*, *part-whole task*.

Effetto inversione: è stato osservato che l'inversione dei volti peggiora il riconoscimento in modo più significativo rispetto ad altri stimoli. Infatti, se nel normale orientamento le facce

vengono riconosciute con un'accuratezza intorno al 95%, una volta invertite questa sembra scendere al 50-60%. Questo fenomeno è stato definito “effetto inversione” (Yin, 1969) e negli anni è stato oggetto d'indagine di numerosi studi. Nella *Tatcher Illusion* (Thompson, 1980) si è osservato che ad immagine capovolta non venivano percepite alcune caratteristiche che invece erano visibili quando il volto era dritto. In altri studi si è dimostrato che l'inversione produrrebbe un effetto sull'intera faccia, ma non sulle strutture presentate singolarmente (un esempio: Rhodes, Brake e Atkinson, 1993).



Figura 1: *Thatcher illusion*. Thompson (1980)

Face composite task (Young e coll. 1987): in questo esperimento vennero mostrate ai partecipanti diverse combinazioni di facce composite, ossia composte da due metà, superiore e inferiore, appartenenti a volti diversi e conosciuti, che venivano presentate allineate oppure no. Quando le due metà erano allineate, per i partecipanti risultava molto più difficile identificare la persona da una singola porzione di volto. L'allineamento delle due parti favoriva infatti un'elaborazione olistica, a discapito dell'elaborazione delle singole caratteristiche del volto, che venivano integrate nella percezione di in un unico volto nuovo. Si è osservato che all'inversione delle facce composite questo effetto spariva, e le singole parti venivano discriminate più facilmente (Young, 1987). Questo perché l'inversione sembra impedire l'elaborazione olistica, favorendo un'analisi più strutturale dell'immagine.

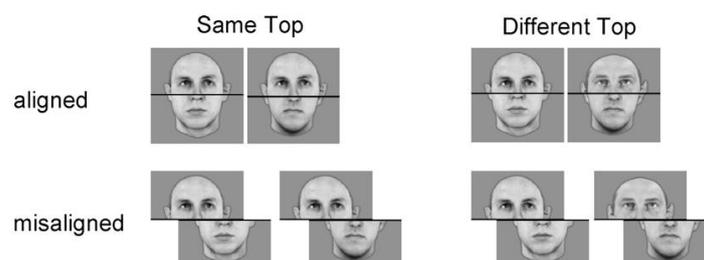


Figura 2: *Composite Task*. Avidan, Tanzer e Behrman (2011)

Part-whole task (Tanaka e Farah, 1993): in questo paradigma sperimentale vennero fatti memorizzare ai partecipanti i nomi corrispondenti a diversi volti. Successivamente venne chiesto di identificare l'individuo dal volto o da una singola struttura facciale (es. naso). I risultati mostrarono che il riconoscimento di una struttura migliorava quando questa era posta all'interno del volto a cui apparteneva. Questi esiti permisero di dimostrare che la percezione delle singole caratteristiche facciali è influenzata dalle informazioni ottenute dalla percezione del volto per intero.

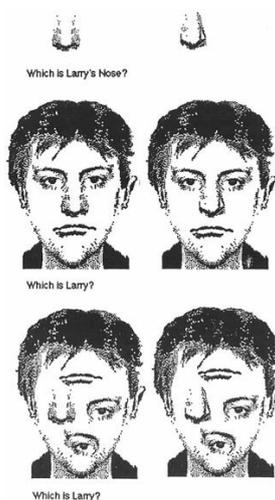


Figura 3: *Part-whole task*. Tanaka e Farah (1993)

L'utilizzo di informazioni su caratteristiche e configurazioni dei volti è stato studiato anche nello sviluppo. I bambini più piccoli sembrano essere maggiormente sensibili alle caratteristiche dei volti, rispetto alla loro configurazione (Pascalis et al. 2011). Dai risultati emersi in alcune ricerche sembra che la capacità di elaborazione configurale si sviluppi successivamente, entro la prima adolescenza (Mondloch et al. 2002).

Categorizzazione e riconoscimento

Due importanti processi che si attivano osservando un volto sembrano riguardare la *categorizzazione* dello stimolo come “volto” e il *riconoscimento* del volto come appartenente ad uno specifico individuo.

Nel 1986 Bruce e Young proposero un modello teorico per il riconoscimento dei volti, in cui le fasi di categorizzazione e riconoscimento del volto sono organizzate in modo sequenziale e gerarchico. La prima fase di elaborazione prevede una “codifica strutturale” dello stimolo (*structural encoding*), in cui vengono analizzate e raccolte le informazioni sulla configurazione facciale. Queste informazioni vengono successivamente immagazzinate ed utilizzate per creare descrizioni del volto astratte e indipendenti dalle espressioni, chiamate

“unità di riconoscimento dei volti” (*face recognition units: FRUs*). Ogni unità di riconoscimento dei volti include le informazioni strutturali di ciascun volto conosciuto dal soggetto. Le informazioni visive in queste unità permettono di discriminare volti noti da volti sconosciuti. Quando le unità di riconoscimento rilevano un volto noto, attivano dei “nodi di identità della persona” (*person-identity nodes: PINs*), che identificano la persona e attivano una serie di informazioni semantiche ad essa correlate, come ad esempio i suoi interessi o professione. Gli autori del modello ritenevano che questi nodi di identità fossero in un magazzino semantico separato da quello della memoria semantica generale. In seguito al recupero delle informazioni semantiche si innesca il recupero del nome (*name retrieval*), anch’esso presente in un magazzino a sé stante rispetto alle altre informazioni sul soggetto.

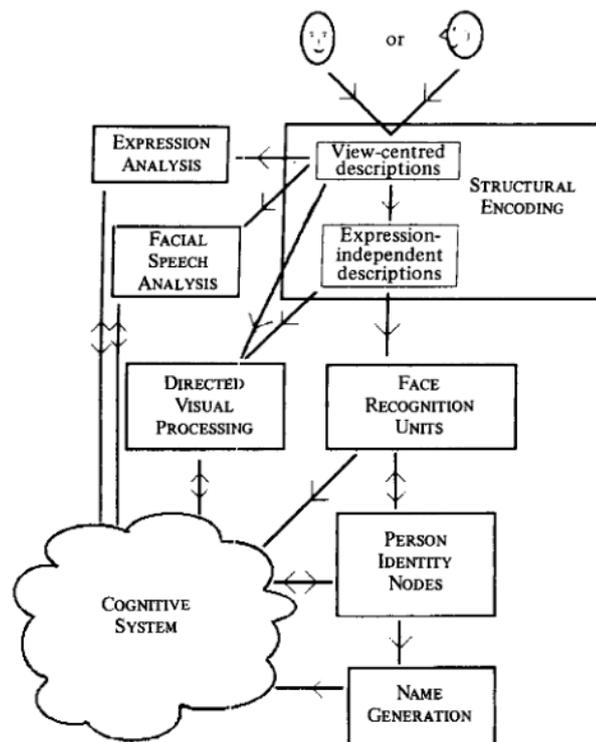


Figura 4: modello funzionale per il riconoscimento dei volti. Bruce e Young (1986)

Secondo questo modello di organizzazione sequenziale, la percezione di un volto si focalizzerebbe in primo luogo su caratteristiche categoriali come specie di appartenenza, genere e etnia e solo successivamente sulla serie di informazioni che individualizzano il soggetto.

Questo è stato un modello di riferimento per molti anni nella ricerca sulla percezione facciale. Tuttavia, ricerche recenti hanno messo in discussione l’attivazione sequenziale di categorizzazione e individuazione, dimostrando che questi due processi possono attivarsi in tempi diversi a seconda del volto osservato (Ge et al. 2009).

In seguito si è ipotizzato che l'esperienza di un volto favorisca l'accuratezza e la rapidità nell'elaborazione di informazioni di individuazione (es. nome, caratteristiche personali), svantaggiando l'elaborazione di informazioni categoriali (es. specie di appartenenza, etnia, genere). Ad esempio, in uno studio sul riconoscimento di volti appartenenti a diversi gruppi etnici, si è visto che i partecipanti identificavano più facilmente volti appartenenti al proprio gruppo etnici e categorizzavano in modo più efficiente volti appartenenti ad altre etnie. Si è quindi osservato che individui più esperti nell'identificare volti di una determinata categoria, erano più lenti e meno precisi nel classificarli. Al contrario, di fronte a facce appartenenti ad una categoria di cui si ha poca esperienza, sembra essere molto più immediata e accurata la categorizzazione e difficoltoso il riconoscimento dell'identità (Levin, 2000).

Anziché essere due processi sequenziali, categorizzazione e individuazione sembrano essere due processi di elaborazione dei volti distinti, che vengono applicati a seconda del grado di esperienza che abbiamo con un determinato tipo di volto.

Via cognitiva e via affettiva

Oltre ai processi cognitivi descritti in precedenza, la lettura del volto sembra coinvolgere anche aspetti affettivi ed emotivi. Modelli più recenti hanno studiato i processi affettivi implicati nel riconoscimento, distinguendo una "via cognitiva" di analisi visiva e recupero delle informazioni e una "via affettiva" di risposta emotiva ai volti familiari (Breen, Caine e Coltheart, 2000; Ellis e Lewis, 2001).

Già nel 1984 Bauer propose l'esistenza sia anatomica che funzionale di due vie distinte per il riconoscimento dei volti: una per l'identificazione esplicita e una per la detenzione dei significati emotivi. In alcuni studi si osservò che pazienti affetti da prosopagnosia e da sindrome di Capgras sembravano avere compromissioni proprio nell'attivazione dell'una o dell'altra via. In pazienti prosopagnosici (incapaci di riconoscere volti familiari e di apprenderne nuovi) si osservò che pur in assenza di riconoscimento esplicito del volto, la risposta di conduttanza cutanea aumentava davanti a volti familiari (Tranel e Damasio, 1985). Nella sindrome di Capgras, dove ai pazienti manca il senso di familiarità per le facce nonostante siano in grado di identificarle, sembrò presentarsi il caso opposto (Ellis e Young, 1990). Nei loro studi su pazienti affetti da questa sindrome, Ellis e Young ipotizzarono una compromissione della via affettiva del riconoscimento e un preservato funzionamento della via cognitiva. In studi successivi rilevarono anche che la risposta di conduttanza cutanea ai volti familiari era molto bassa (Ellis et al., 1997; Hirstein e Ramachandran, 1997).

Partendo dall'idea che per attivare una risposta affettiva sia necessaria una prima identificazione del viso, Breen et al. (2000) hanno proposto un modello ampliato rispetto a quello proposto da Bruce e Young (Figura 5), in cui le unità di riconoscimento facciale trasmettono informazioni in modo simultaneo e indipendente ai nodi di identità e al modulo affettivo. Perciò, di fronte ad uno stimolo familiare il modulo affettivo innescherebbe le risposte affettive, mentre la via cognitiva attiverebbe le informazioni semantiche e il recupero del nome.

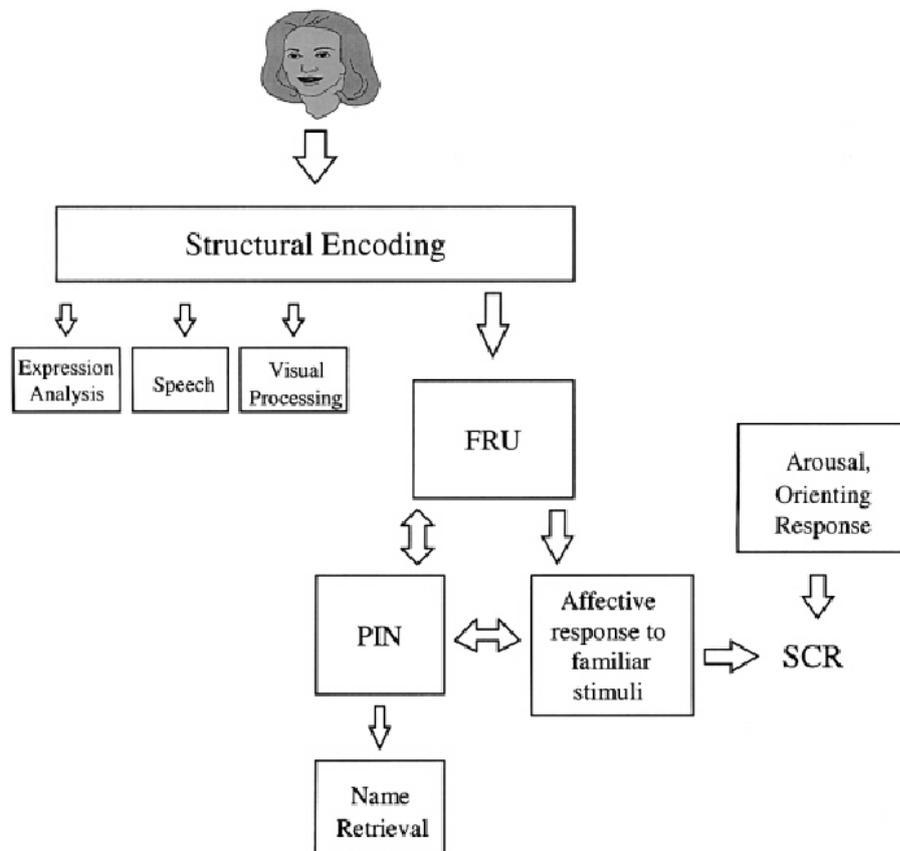


Figura 5: Modello di Breen et al. per l'elaborazione del volto. Breen et al. (2000)

Il riconoscimento affettivo dei volti permette dunque di attivare contenuti emotivi ed affettivi associati a persone conosciute, che innescano di conseguenza reazioni fisiologiche, come l'aumento della conduttanza cutanea o del battito cardiaco.

1.2. MECCANISMI INNATI E SPECIFICI O APPRESI NELL'ESPERIENZA?

Fattori innati e acquisiti

Per lungo tempo ci si è domandato se l'elaborazione facciale sia per l'uomo un'abilità innata o acquisita nell'esperienza. Alcuni studi hanno osservato che già a pochi minuti dalla nascita

i neonati sono più inclini a ricercare stimoli facciali, pur non avendone mai fatto esperienza (Goren, Sarty, e Wu, 1975). Si è quindi ipotizzata l'esistenza innata di informazioni sulla struttura dei volti e la presenza di un congenito sistema sottocorticale che guida la percezione visiva verso stimoli facciali (Johnson, Morton e Mark, 1991).

Uno studio recente ha dimostrato l'esistenza di un sistema innato per la codifica della struttura di base del volto (Sugita, 2008), osservando che cuccioli di scimmia, privati per 24 mesi di stimoli facciali, mostravano in seguito alla deprivazione una considerevole preferenza per i volti.

Studi su gemelli monozigoti hanno suggerito l'esistenza di una forte influenza genetica sull'organizzazione funzionale dei processi di elaborazione facciale e sui substrati neurali coinvolti nel riconoscimento dei volti (Polk et al. 2007).

Pur esistendo una predisposizione innata alla ricerca dei volti, l'esperienza rimane tuttavia un fattore molto importante per lo sviluppo delle abilità di elaborazione.

Secondo Johnson e Morton, che ipotizzarono la presenza innata di un sistema sottocorticale per i volti (CONSPEC), nel corso dello sviluppo si affermerebbe un sistema di aree corticali (CONLERN), basato sull'esperienza e responsabile dell'apprendimento di caratteristiche facciali specifiche del proprio gruppo.

In studi condotti sulle scimmie, si osservò che scimmie esposte a soli volti umani sviluppavano una marcata preferenza e capacità di discriminazione per facce umane, e non di scimmia. Al contrario, scimmie esposte a volti della stessa specie preferivano e discriminavano meglio facce di scimmia, anziché umane (Sugita, 2008).

Sembra infatti possibile supporre che le abilità di discriminazione e riconoscimento dei volti non siano specie-specifiche nelle prime fasi dello sviluppo. Secondo l'ipotesi di Nelson (2001), nei primi mesi i bambini riuscirebbero ad elaborare diversi tipi di volti, anche non umani. Nel tempo l'abilità di elaborazione facciale si specializzerebbe, restringendosi alle tipologie facciali di cui si ha avuto maggiore esperienza; questo fenomeno viene definito "restringimento percettivo".

Quest'ipotesi di restringimento percettivo è sostenuta dai risultati di diversi studi. È stato osservato che nei primi sei mesi i bambini sono in grado di discriminare sia volti di scimmia che umani, dopo nove mesi però la capacità di discriminare facce di scimmia è in calo (Pascalis, Scott e Kelly, 2005). Lo stesso fenomeno è stato osservato in bambini a cui sono stati presentati stimoli facciali di diverse etnie: se inizialmente i bambini erano in grado di riconoscere e distinguere volti appartenenti ad etnie diverse da quelle di cui avevano più esperienza, nel tempo questa capacità veniva persa (Kelly et al., 2007).

Come si è visto, i meccanismi deputati alla percezione del volto sembrano emergere da una complessa interazione tra aspetti innati ed acquisiti nell'esperienza. Sembra infatti che dalla nascita l'uomo sia orientato naturalmente verso stimoli generici di volto e che, nello sviluppo, il processo di elaborazione facciale sia meglio determinato dalla propria esperienza.

Volti come stimoli speciali

Finora sono stati presentati modelli e studi che ritenevano i volti stimoli speciali, percepiti diversamente rispetto ad altri oggetti ed elaborati attraverso un meccanismo specifico.

Secondo altre ipotesi le facce verrebbero invece elaborate come gli altri stimoli, senza l'esistenza di una predisposizione o di un meccanismo speciale adibito alla lettura del volto.

Un esempio è l'ipotesi dell'*expertise*, proposta da Carey e Diamond (1986), secondo cui l'esposizione frequente ai volti renderebbe l'uomo esperto rispetto a questi stimoli, e quindi in grado di fare un'elaborazione più complessa. Secondo questa ipotesi i volti non sarebbero quindi stimoli speciali, ma stimoli di cui nel tempo si diventa necessariamente esperti.

I meccanismi rilevati nell'elaborazione facciale potrebbero quindi essere attivati dall'osservazione di qualsiasi altro stimolo di cui si è esperti. Stando all'ipotesi dell'*expertise*, gli stimoli di cui un individuo è esperto produrrebbero attività in aree cerebrali attribuite all'elaborazione del volto come la FFA (*face fusiform area*). In studi di risonanza magnetica funzionale, Gauthier e coll. (2000) osservarono che la risposta della FFA era più intensa quando ai partecipanti venivano presentati stimoli di cui erano esperti (es. ornitologi e uccelli). Tuttavia, questi risultati non sono stati sempre ottenuti; diversi studi infatti non hanno riscontrato un'aumentata attività della FFA di fronte a oggetti di esperienza (Puce e coll., 1996; Rhodes e coll., 2004; Grill-Spector e coll., 2004; Moore e coll., 2006; Yue e coll., 2006; Op de Beeck e coll., 2006).

La FFA inoltre, sembra essere modulata dall'attenzione visiva, pertanto una possibilità è che l'attivazione della FFA osservata da Gauthier sia stata causata dal maggior interesse e impegno attentivo dei soggetti per gli stimoli di cui erano esperti (Kanwisher, 2000). Un altro aspetto rilevante è che negli studi di Gauthier e coll. sono state rilevate attivazioni anche in un'area non coinvolta nell'elaborazione dei volti (es. area di localizzazione paraippocampale PPA) (Kanwisher, 2000).

In letteratura esistono molti studi che contribuiscono al dibattito sull'esistenza di un dominio specifico per l'elaborazione dei volti. Eppure, sulla base dei risultati emersi, sembra plausibile ritenere che l'elaborazione facciale avvenga attraverso meccanismi specifici. Oltre ad essere uno stimolo visivo per cui l'uomo mostra una preferenza fin dalla nascita, per quasi tutti gli

esseri umani il volto è pressoché l'unica categoria di stimoli di cui è esperto nelle discriminazioni intra-categoriali (Kanwisher, 2000).

Gli studi che intendevano mettere in discussione l'esistenza di un modulo specifico per i volti potrebbero non aver considerato la flessibilità del meccanismo (Kanwisher, 2000). Infatti, anche oggetti che presentano caratteristiche geometriche simili ai volti possono attivare il meccanismo di elaborazione facciale (Pinker, 1997). Questo perché il modulo non è specializzato per i soli volti, ma per le caratteristiche geometriche che li distinguono (Pinker, 1997).

Sistema neurale specifico

Alcune evidenze sperimentali hanno suggerito l'esistenza di un sistema neurale specifico per la percezione facciale. La lesione di determinate aree cerebrali ha permesso di comprendere la loro funzione nell'elaborazione dei volti. È stato osservato ad esempio che lesioni della corteccia occipito-temporale ventrale erano associate ad un'incapacità di riconoscere i volti (Haxby, Hoffman e Gobbini, 2000).

Una delle evidenze sperimentali che ha permesso di pensare ad un sistema neurale specifico consiste nella rilevazione di una doppia dissociazione tra riconoscimento dei volti e degli oggetti. Studi hanno osservato infatti che individui con una compromissione nel riconoscimento dei volti rimanevano in grado di riconoscere altri oggetti (Hecaen e Angelergues, 1962); al contrario, soggetti con deficit nella lettura e riconoscimento degli oggetti sembravano non avere nessuna difficoltà nel riconoscere i volti (Kanwisher, 2000).

Questi casi suggeriscono una separazione tra i meccanismi neurali che elaborano facce e quelli che elaborano altri stimoli.

Altri studi hanno rilevato la presenza nei primati di neuroni selettivi ai volti, in particolare in alcune aree del solco temporale superiore (Perrett, Rolls e Caan, 1982).

Studi di risonanza magnetica funzionale hanno dimostrato che di fronte a stimoli facciali l'uomo presenta un'aumentata attività nella regione laterale del giro fusiforme (FFA). Come accennato nel paragrafo precedente, la risposta di quest'area è maggiore per i volti rispetto ad altri stimoli. Sembra infatti che quest'area visiva sia specializzata proprio nel riconoscimento dei volti, per questa ragione è stata denominata area fusiforme facciale (*Face Fusiform Area*). È stato osservato che quest'area aumenta l'attività in presenza di volti dritti, ma mostra una diminuzione di risposta quando i volti sono invertiti (Yovel e Kanwisher, 2005). Queste evidenze neurali sostengono quanto emerso nei paradigmi sperimentali comportamentali di inversione del volto.

Altri studi di neuroimaging hanno riscontrato l'attivazione di altre aree in corrispondenza di volti, come il giro inferiore occipitale e il solco temporale superiore (Halgren et al., 1999). Indagini di tipo elettrofisiologico hanno misurato le risposte cerebrali (ERPs) a stimoli facciali. Alcune rilevazioni hanno riscontrato nella componente occipito-temporale N170 un'attività elettrica di ampiezza maggiore quando venivano presentati volti (Eimer, 2000). Questi dati supportano l'ipotesi di un sistema specifico, anche dal punto di vista neurale, per l'elaborazione del volto. Le aree cerebrali coinvolte e le ipotesi sulla loro organizzazione nel processo lettura del volto verranno esposte più dettagliatamente nel capitolo seguente.

2. SISTEMA NEURALE PER LA PERCEZIONE FACCIALE

Il funzionamento e l'organizzazione del processo di percezione facciale sono stati ampiamente indagati anche dal punto di vista neurale. Dai numerosi studi è emerso che diverse aree cerebrali sono coinvolte nell'elaborazione dei volti e che ciascuna sembra contribuire in modo diverso, assumendo una funzione specifica.

Sono state formulate diverse ipotesi su come i sistemi neurali siano organizzati in questo processo. Come visto in precedenza, sembra essere plausibile l'esistenza di un modulo specializzato e quindi di aree deputate esclusivamente alla lettura dei volti. Eppure, altri studi hanno scoperto che l'elaborazione del volto potrebbe interessare anche numerose altre aree cerebrali, non unicamente coinvolte in processi di percezione facciale.

Di seguito viene presentato un modello basato su dati emersi in studi di neuroimaging, che propone un'organizzazione neurale distribuita per la percezione del volto.

2.1. SISTEMA NEURALE DISTRIBUITO (Haxby, Hoffman e Gobbini)

Il modello, proposto da Haxby, Hoffman e Gobbini, prevede un sistema neurale distribuito, che coinvolge sia aree visive extrastriate per l'analisi visiva dei volti (sistema centrale), sia sistemi neurali aggiuntivi che lavorano di concerto con le aree visive per l'estrazione di vari tipi di informazioni e significati (sistema esteso).

Secondo le loro ricerche, la percezione del volto interesserebbe un sistema dinamico, che allo stesso tempo elabora caratteristiche fisiche e ricava informazioni su espressioni facciali, emozioni e informazioni semantiche dell'individuo (Haxby, Hoffman e Gobbini, 2000).

L'organizzazione funzionale delle numerose operazioni di percezione dei volti non sarebbe pertanto limitata alla corteccia temporale ventrale, a cui fino a quel momento si era attribuita la percezione del volto, ma coinvolgerebbe anche altre aree della corteccia visiva extrastriata e dei sistemi neurali non visivi.

Questo modello propone dunque un sistema neurale organizzato in sistema centrale (*Core System*) e sistema esteso (*Extended System*): al primo è attribuita l'analisi visiva delle caratteristiche invarianti e mutevoli dei volti, mentre al secondo è associata l'estrazione di informazioni che riguardano ad esempio la familiarità dei volti e il significato di movimenti facciali come espressioni e sguardo.

Core system: analisi visiva dei volti

Da studi di neuroimaging è emerso che alcune regioni bilaterali della corteccia visiva extrastriata occipito-temporale rispondono maggiormente agli stimoli facciali. Le regioni coinvolte sono:

- L'area occipitale del volto (occipital face area, OFA), nel giro occipitale inferiore
- L'area fusiforme del volto (fusiform face area, FFA), nel giro fusiforme laterale
- Il solco temporale posteriore superiore (posterior superior temporal sulcus, pSTS)

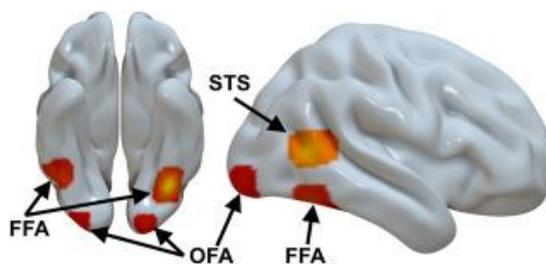


Figura 6: Le regioni che rispondono maggiormente ai volti: area fusiforme del volto (FFA), area occipitale del volto (OFA) e solco temporale superiore (STS).

Jason et al. (2021)

Altre aree vicine, che rispondono in modo minore ma significativo, sembrano essere a loro volta coinvolte nella trasmissione di informazioni sulla distinzione tra volti e altri tipi di stimoli (Haxby et al., 2001; Hanson et al., 2004).

Secondo il modello proposto da Haxby, Hoffmann e Gobbini le tre aree citate e quelle adiacenti costituiscono il sistema centrale per l'analisi visiva dei volti. In questo sistema ciascuna area contribuirebbe all'elaborazione dei volti, analizzando diversi tipi di informazioni visive.

L'analisi visiva dei volti, veicolata dal sistema centrale, prevede due classi di operazioni distinte: la percezione delle caratteristiche invarianti, per il riconoscimento dell'identità e la percezione delle caratteristiche mutevoli, per il riconoscimento di movimenti facciali.

Secondo gli Autori, nel sistema centrale queste due operazioni possono interagire, ma sono distinte.

Il riconoscimento di un individuo richiederebbe quindi la percezione delle sue caratteristiche facciali costanti, al di là delle variazioni prodotte dai movimenti del viso, dal cambio di prospettiva o di luminosità. Le rappresentazioni interne delle identità devono essere sufficientemente solide da permettere il riconoscimento di un soggetto familiare anche da una nuova immagine.

Per analizzare le espressioni facciali invece è necessaria la percezione di tutti quei cambiamenti associati al movimento del volto. Diventano pertanto rilevanti quelle informazioni che per il riconoscimento dell'identità vengono ignorate.

Si tratterebbe perciò di due operazioni distinte: da un lato espressioni facciali simili trasmettono informazioni analoghe in individui diversi, e dall'altro, cambiamenti di espressione in un individuo non comportano un cambiamento di identità.

Si propone anche dal punto di vista anatomico una separazione dei due spazi rappresentazionali (Haxby et al., 2000). Basandosi su risultati ottenuti da registrazioni di attivazione corticale nei macachi, gli Autori hanno ipotizzato che anche nell'uomo variazioni di identità e di espressioni potessero essere elaborate da due regioni diverse: corteccia fusiforme e solco temporale superiore.

I risultati emersi da studi successivi hanno supportato questa ipotesi. Sono state osservate risposte maggiori nel pSTS ai movimenti facciali e ai cambiamenti in sguardo ed espressione, e un'aumentata risposta nella FFA per l'identità dei volti (Haxby et al., 2000).

In casi di attenzione selettiva alla direzione dello sguardo si è ottenuta una maggiore risposta del pSTS, ma non nella FFA; mentre nel caso di attenzione selettiva all'identità si è osservata una maggiore attività della FFA, ma non del pSTS (Haxby et al., 2000).

Tuttavia, sembra che la distinzione tra i ruoli svolti dalle due aree non sia netta. Percezione dello sguardo e percezione dell'espressione risultano infatti limitate a zone diverse del solco temporale superiore (STS) (Engell e Haxby, 2007). Espressioni facciali emotive provocano risposte maggiori, rispetto a quelle neutre, sia nel pSTS che nella FFA (Vuilleumier et al., 2001; Engell e Haxby, 2007). Entrambe le aree inoltre mostrano nella risposta un adattamento all'identità ripetuta (Winston et al., 2004). Alcuni studi sulle inferenze sui tratti (ad es. affidabilità e competenza) hanno dimostrato che questi giudizi vengono elaborati su variazioni delle espressioni facciali, portando ad un aumento della risposta nella pSTS, ma non nella FFA.

Oltre alle aree prima citate (OFA, pSTS, FFA), sembrano esistere altre aree che rispondono principalmente a stimoli facciali. Studi più recenti hanno rilevato una regione temporale ventrale anteriore, che risponde in maniera considerevole ai volti (Rajimehr et al., 2009) e che probabilmente opera nella discriminazione delle identità (Kriegeskorte et al., 2007). Altri studi hanno invece scoperto che alcune regioni anteriori del STS potrebbero avere un ruolo nella

rappresentazione di specifiche espressioni (Winston et al., 2004) e direzioni dello sguardo (Calder et al., 2007).

Extended system: estrazione di significati dai volti

Volti familiari: recupero della conoscenza e risposta emotiva

Nella lettura di un volto familiare, la rilevazione delle caratteristiche visive è soltanto la prima fase di un processo di riconoscimento che coinvolge numerosi altri processi.

Come si è visto gli aspetti visivi dell'identità facciale sembrano essere codificati nella FFA e in altre aree ventrali come la corteccia temporale anteriore (Kriegeskorte et al., 2007), ma esistono altri sistemi al di fuori della corteccia visiva extrastriata che esercitano un ruolo fondamentale nel processo di riconoscimento. In particolare, questi sistemi sembrano essere coinvolti nel recupero della conoscenza della persona e nella produzione di una risposta emotiva ai volti conosciuti.

Nel recuperare la conoscenza di una persona vengono richiamati molteplici informazioni, come ricordi espliciti legati al soggetto, informazioni biografiche, atteggiamenti, intenzioni, stati mentali transitori e tratti di personalità.

La visione di un volto familiare evoca pertanto un'attività neurale che è influenzata dalla conoscenza che si ha dell'individuo e dalle reazioni emotive che provoca.

Alcuni studi di psicologia sociale hanno dimostrato che tratti e atteggiamenti associati ad individui si attivano automaticamente nell'osservazione di quegli stessi individui (Greenwald e Banaji, 1995; Bargh et al., 1996; Todorov e Uleman, 2002; Todorov et al., 2007). Si è anche evidenziato, che per gli individui familiari le inferenze si baserebbero più su “variabili psicologiche mediatrici”, come credenze e obiettivi, mentre per individui meno conosciuti si baserebbero su tratti più ampi (Idson e Mischel, 2001).

Gobbini, Hoffmann e Haxby, autori del modello neurale distribuito per la percezione facciale, hanno osservato che volti “personalmente familiari”, di amici o parenti, provocano risposte maggiori in aree come la corteccia prefrontale mediale (MPFC) e la giunzione temporoparietale (TPJ), solitamente associate alla mentalizzazione e alla teoria della mente (Gobbini et al., 2004).

Volte familiari solo da un punto di vista visivo non hanno mostrato invece alcuna modulazione di queste due aree (Gobbini e Haxby, 2006). Questi risultati hanno permesso di ipotizzare che MPFC e la TPJ codifichino informazioni come tratti personali o stati mentali che caratterizzano persone conosciute.

L'elevata familiarità dei volti sembra inoltre evocare risposte nella corteccia cingolata posteriore (PCC) e nel precuneo (PC) (Gobbini et al., 2004; Leibenluft et al., 2004). Queste regioni mostrano risposte maggiori anche per volti familiari solo dal punto di vista visivo. Ciò ha fatto pensare ad un ruolo di queste aree nel conseguimento della sola familiarità visiva (Kosaka et al., 2003; Gobbini e Haxby, 2006).

Anche regioni associate alle risposte emotive hanno mostrato significativi livelli di attività neurale in presenza di volti con diversi livelli di familiarità. In particolare, si è osservata una risposta maggiore dell'amigdala di fronte a volti estranei. È probabile che la risposta dell'amigdala corrisponda ad una valutazione della pericolosità dello stimolo nuovo, contribuendo a quel senso di diffidenza che si prova inizialmente di fronte a un volto estraneo. Tuttavia sono state osservate risposte dell'amigdala anche in madri che osservavano il viso del proprio figlio. Tale tipo di stimoli sembra provocare risposte anche nell'insula anteriore (Calder et al., 2001; Phillips et al., 2003). L'insula risponde tipicamente a stimoli con valenza negativa, ma si è ipotizzato che possa assumere un ruolo anche nelle reazioni di empatia e nelle emozioni forti con valenza positiva come l'amore (Bartels e Zeki, 2000).

Si pensa che le risposte di amigdala e insula alla visione del volto del proprio figlio siano legate alle sensazioni intense di attaccamento e di vigilanza della relazione madre-bambino.

Espressioni facciali: estrazione del significato

Un altro aspetto della lettura del volto che coinvolge numerose aree oltre a quelle visive è l'elaborazione delle espressioni facciali. Come abbiamo visto, la codifica visiva delle espressioni facciali coinvolge principalmente il pSTS. Tuttavia, l'estrazione dei significati dalle espressioni avviene grazie all'azione simultanea di più aree cerebrali distribuite, implicate sia nella comprensione delle azioni che delle emozioni.

Alcuni studi hanno rilevato la risposta di alcuni neuroni specchio alla percezione e all'esecuzione di espressioni facciali, in particolare nel lobo parietale inferiore, nell'opercolo frontale e nella corteccia premotoria (Montgomery et al., 2009).

Si ritiene che l'opercolo frontale, in particolare, contribuisca alla comprensione del significato delle espressioni attraverso la rappresentazione delle azioni motorie necessarie a produrre una determinata espressione facciale (Montgomery e Haxby, 2008). Alcuni studi hanno riscontrato che in individui con medi o alti livelli di empatia, la risposta dell'opercolo frontale era maggiore in caso di espressioni facciali dinamiche e con un significato sociale (Montgomery

et al., 2009). Sembra perciò che negli individui più empatici i neuroni specchio si sintonizzino di più sul contenuto sociale delle espressioni facciali osservate.

L'utilizzo dell'elettromiografia ha permesso di rilevare l'attivazione sottosoglia di muscoli che imiterebbero un'espressione osservata (Dimberg et al., 2000), dimostrando nuovamente il ruolo dei neuroni specchio nell'elaborazione delle espressioni.

Le espressioni facciali provocano una risposta anche in aree cerebrali associate alle emozioni; nello specifico amigdala e insula rispondono maggiormente ad espressioni di paura e di disgusto. Studi recenti hanno compreso che la regione insulare che risponde alle espressioni di disgusto è la stessa che mostra attività quando si prova disgusto per un cattivo odore (Wicker et al., 2003). Sembra pertanto che per comprendere il significato delle espressioni sia in qualche modo necessario evocare l'emozione, in un "rispecchiamento dell'emozione altrui" che diventa una simulazione simile a quella messa in atto dai neuroni specchio. Si ipotizza quindi che le risposte di insula e amigdala corrispondano all'evocazione implicita di determinate emozioni, al fine di comprendere gli stati emotivi altrui.

Percezione dello sguardo

Nella percezione facciale lo sguardo gioca un ruolo importante per l'interazione sociale. A livello cerebrale l'attivazione del pSTS provocata dallo sguardo può variare a seconda della direzione degli occhi (Nummenmaa e Calder, 2009). Sguardi diretti e distolti possono infatti assumere significati psicologici diversi, a cui si potrebbero associare risposte diverse dal punto di vista neurale. I significati dello sguardo sembrano derivare dall'azione di numerosi sistemi neurali coinvolti nell'attenzione spaziale e nella mentalizzazione. Si suppone che questi sistemi modulino la risposta del pSTS allo sguardo.

Haxby e Hoffman (2000) hanno osservato che volti con lo sguardo distolto a destra o sinistra in modo imprevedibile provocavano una risposta maggiore nel solco intraparietale. Altri studi hanno dimostrato che la percezione dello sguardo interessa anche i campi oculari frontali. Queste due aree sono responsabili del controllo oculomotorio e dello spostamento della direzione attentiva. L'osservazione di uno sguardo distolto sembra attivare nell'individuo una risposta automatica di cambiamento dell'orientamento oculare e di spostamento dell'attenzione.

Altre aree sembrano essere coinvolte nell'estrazione dei significati dallo sguardo. Alcuni studi hanno rilevato l'attivazione di diverse aree, tra cui l'amigdala e la corteccia prefrontale

mediale (MPFC), supponendo che la prima sia coinvolta nella risposta emotiva al contatto visivo diretto e la seconda nelle inferenze sugli stati mentali.

In conclusione, si è visto come la percezione facciale coinvolga processi di estrazione e di elaborazione di numerosi tipi di informazione. Secondo quanto emerge dagli studi esposti, la nostra percezione del volto sarebbe infatti il risultato di un'azione coordinata di più aree distribuite a livello cerebrale. Questo modello di organizzazione neurale distribuita, proposto da Haxby, Hoffman e Gobbini, è stato costruito tenendo in considerazione i diversi processi cognitivi che riguardano la percezione del volto e i dati ottenuti da studi di imaging cerebrale. Il riconoscimento di persone familiari, la lettura di espressioni facciali e l'elaborazione dello sguardo sono aspetti della percezione facciale che coinvolgono l'attivazione di memorie personali, risposte emotive legate al volto e risposte motorie per la riproduzione di espressioni e per i movimenti oculari. Questa prospettiva supera la visione precedente di un'elaborazione del volto dipendente unicamente dalla FFA, ritenendo invece che quest'area dia il suo contributo all'interno di un sistema più ampio ed integrato di aree corticali.

3. IMPATTO DELLA MASCHERINA SULL'ELABORAZIONE DEL VOLTO

Secondo quanto esposto nei capitoli precedenti, riguardo ai numerosi processi coinvolti nella lettura del volto, la percezione facciale non deriverebbe da una semplice visione passiva, bensì dall'elaborazione di molteplici informazioni, anche non visive, sulla persona. Il volto, in quanto portatore di numerose informazioni, è protagonista di una parte importante della comunicazione sociale. Osservando una faccia, infatti, è possibile ricavare dati su stati emotivi, intenzioni e persino sull'ambiente circostante.

Negli ultimi anni però la percezione dei volti potrebbe essere cambiata. La pandemia di COVID-19 ha reso necessario l'utilizzo diffuso della mascherina come dispositivo di protezione delle vie respiratorie, di fatto alterando l'abituale visione del volto.

Se da un lato la mascherina ha permesso di arginare i danni causati dal virus SARS-CoV-2, dall'altro ci si è domandato se la copertura di naso e bocca nei volti possa aver interferito con la normale percezione e riconoscimento facciale, quindi anche con comunicazione, interazioni sociali e sviluppo.

Diversi studi hanno cercato di indagare gli effetti delle mascherine su processi coinvolti nell'elaborazione del volto come discriminazione delle emozioni, percezione dello sguardo o identificazione degli individui. Di seguito i principali temi su cui si sono focalizzate le ricerche.

Strategia visiva e movimenti oculari nel riconoscimento facciale

Alcuni ricercatori hanno indagato l'influenza della mascherina sui movimenti oculari per la lettura dei volti e hanno cercato di comprendere il possibile impatto di un cambio di strategia visiva sulle prestazioni di riconoscimento. Si è osservato che il riconoscimento di volti, appresi precedentemente con la mascherina, non è peggiorato molto per quei soggetti che avevano una strategia visiva più focalizzata sugli occhi. La presenza o meno della mascherina in fase di apprendimento dei volti non ha portato a modifiche della strategia visiva e dei movimenti oculari in fase di riconoscimento, in generale però, ha peggiorato le prestazioni di identificazione. In definitiva è stato riscontrato che chi adattava la propria strategia visiva alla presenza della mascherina, otteneva risultati migliori nella discriminazione dei volti (Hsiao, Liao e Tso, 2022).

Espressioni facciali e riconoscimento delle emozioni

Coprendo naso e bocca, la mascherina medica nasconde dettagli della mimica facciale da cui solitamente si ricavano informazioni necessarie a comprendere espressioni ed emozioni altrui.

Alcuni studi hanno investigato la percezione delle espressioni facciali in presenza della mascherina e hanno scoperto che il riconoscimento delle emozioni e della loro intensità era in parte compromesso. In particolare, sono stati riscontrati più errori nel riconoscimento di paura e felicità e nella percezione dell'intensità della felicità (Yuki et al. 2022).

Altri risultati hanno riscontrato una confusione sistematica dell'espressione di disgusto con quella della rabbia (Verroca et al., 2022)

È stato osservato che soggetti esposti abitualmente alla mascherina utilizzavano maggiormente rispetto a soggetti meno esposti la zona degli occhi per discriminare le emozioni. Inoltre, è stato indagato il cambiamento nell'uso dei diversi segnali facciali per il riconoscimento delle emozioni. Solitamente nella percezione facciale vengono utilizzati sia segnali visivi, come caratteristiche e configurazione, che segnali affettivi, come valenza emotiva e eccitazione espressa. Durante il 2020, con l'esposizione sempre maggiore alla mascherina, è stato rilevato un aumento nell'uso di segnali facciali visivi rispetto a quelli affettivi. Questi risultati hanno permesso di ipotizzare un'alterazione, ritenuta reversibile, dell'elaborazione olistica del volto (Barrick, Thornton e Tamir, 2021).

Sviluppo

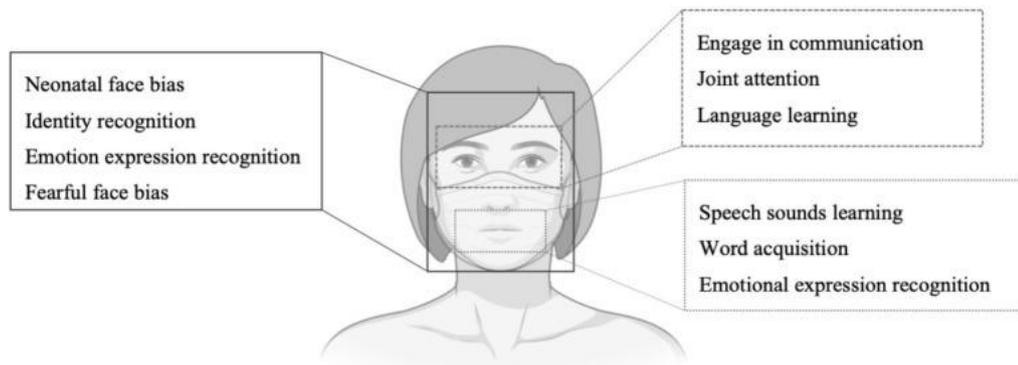
In fase di sviluppo gli stimoli facciali sono fondamentali per acquisire le necessarie capacità percettive e abilità socio-comunicative. Per questo motivo parte della ricerca si è concentrata sulle possibili implicazioni della mascherina sullo sviluppo di percezione facciale e di capacità comunicative.

È stato indagato lo sviluppo dell'elaborazione facciale nella prima infanzia, cercando di individuare i periodi sensibili di maturazione delle abilità di elaborazione facciale.

Durante lo sviluppo i bambini utilizzano diverse strategie di elaborazione dei volti e prestano più attenzione a specifiche parti del volto rispetto ad altre.

Per quanto riguarda lo sviluppo delle capacità percettive, sembra che i bambini imparino gradualmente ad analizzare occhi e direzione dello sguardo all'interno della configurazione facciale, riuscendo così a discriminare persone e a riconoscere espressioni emotive.

Per lo sviluppo di abilità socio-comunicative, risultano particolarmente importanti l'osservazione della bocca per l'apprendimento del linguaggio, dello sguardo diretto e delle espressioni emotive per il coinvolgimento attentivo e dello sguardo fisso per l'attenzione condivisa (Carnevali et al., 2022).



Processi mentali legati alla percezione del volto.
Carnevali, Gui, Jones e Farroni (2022)

Ci si è domandato quali siano gli aspetti della percezione facciale alterati dalla presenza della mascherina e in che modo la percezione di un volto con mascherina possa variare a seconda dello stadio di sviluppo.

Coprendo la parte inferiore del volto le mascherine potrebbero interferire con l'elaborazione configurale del viso da parte dei bambini. Alcuni studi hanno valutato se la visione di numerosi volti mascherati fin dalla nascita svantaggi la preferenza innata per stimoli facciali e se la sola zona degli occhi possa fornire informazioni sufficienti per il riconoscimento dell'identità e delle emozioni. Tuttavia, bisogna considerare che l'esposizione a volti coperti dalla mascherina avviene soprattutto in ambienti esterni, a cui i bambini accedono dopo un certo periodo di vita. Non si sa però se l'esposizione a volti interi nel contesto familiare sia sufficiente per consentire il pieno sviluppo di abilità di elaborazione facciale.

Un altro aspetto da considerare è la copertura della bocca, che impedisce l'accesso a una serie di segnali comunicativi e l'integrazione audiovisiva del parlato. In questo caso ci si domanda se ci sia un impatto sull'apprendimento del linguaggio (Carnevali et al., 2022).

Riguardo alla capacità dei bambini di discriminare le emozioni in presenza della mascherina, è stato osservato che, sebbene la mascherina riduca l'accuratezza nel discriminare le emozioni, i bambini rimangono in grado di fare inferenze piuttosto corrette (Ruba e Pollak, 2020). Sembra pertanto che l'abilità di riconoscere le emozioni altrui non sia danneggiata drammaticamente dalla mascherina. Inoltre, esistono anche altri segnali da cui i bambini traggono informazioni per comprendere gli stati emotivi altrui, come postura, colorazione del volto e caratteristiche del contesto. La copertura del volto potrebbe far sviluppare una maggiore attenzione per questi segnali, portando ad un adattamento positivo per le interazioni sociali.

Sguardo e spostamento dell'attenzione

Alcune ricerche hanno indagato il ruolo della mascherina nell'elaborazione delle informazioni spaziali e nello spostamento dell'attenzione. Dagli occhi è possibile ricavare numerose informazioni importanti, anche per l'orientamento dell'attenzione sociale e spaziale. La direzione dello sguardo dell'altro induce infatti ad un automatico spostamento dell'attenzione verso quella stessa direzione. Uno studio ha osservato una maggiore inclinazione dei partecipanti ad orientarsi verso la direzione dello sguardo, quando il soggetto osservato indossava una mascherina. Un'ipotesi è che i volti con la mascherina vengano percepiti più sicuri ed affidabili e che per questo favoriscano un comportamento di avvicinamento (Villani et al., 2022).

Identità, età e genere

È stato osservato un peggioramento nella discriminazione di identità, sesso e età, per quanto riguarda sia la velocità che l'accuratezza (Fitousi et al., 2021). La presenza della mascherina sembra avere un impatto maggiore sul riconoscimento dell'identità e delle emozioni, mentre risulta minore sulla stima del genere e dell'età (Wong e Estudillo, 2022).

Si ritiene che questi risultati riflettano una scarsa flessibilità dei sistemi di percezione facciale negli adulti.

Elaborazione olistica

Si ritiene che la mascherina possa alterare l'elaborazione facciale anche in maniera qualitativa, ossia modificando i processi messi in atto solitamente. In alcuni studi si è infatti osservato un ridotto effetto inversione nei volti mascherati e ciò ha suggerito un'interruzione dell'elaborazione olistica del volto. In effetti, con la mascherina la lettura del volto si potrebbe basare per la maggior parte sulle caratteristiche visibili, piuttosto che sulla configurazione del viso nel suo insieme (Freud et al., 2020). A supporto di quest'ipotesi, esistono altri studi che hanno dimostrato che all'elaborazione olistica contribuirebbe maggiormente la parte inferiore del volto, rispetto a quella superiore (Tanaka et al., 2014). Tuttavia, i meccanismi di elaborazione del volto con la mascherina rimangono da indagare.

Plasticità sinaptica

A livello neurale i diversi aspetti del volto vengono codificati da specifiche regioni cerebrali. Queste aree si sviluppano e specializzano anche attraverso processi di plasticità sinaptica dipendenti dall'esperienza e dall'attività. Si è ipotizzato che l'esperienza ordinaria di volti

coperti dalla mascherina possa in qualche modo modificare le risposte neurali agli stimoli facciali, attraverso una riorganizzazione del cervello adulto, dovuta ad adattamenti di plasticità sinaptica (Ferrari et al., 2021).

Il “potenziamento a lungo termine” (LTP) della trasmissione sinaptica è una forma di plasticità sinaptica ritenuta alla base della formazione e del consolidamento della memoria, e consiste nell’aumento della forza di trasmissione di una o più sinapsi. Al contrario, l’eliminazione di informazioni non necessarie sembra avvenire attraverso un fenomeno di depotenziamento sinaptico chiamato “depressione a lungo termine”, in cui la forza di trasmissione delle sinapsi viene ridotta (Chen et al., 2001).

Alcuni studi hanno dimostrato che l’apprendimento e il comportamento emotivo sono regolati da processi di plasticità sinaptica nei circuiti dell’amigdala, dipendenti dall’esperienza (Suvrathan et al., 2013; Bocchio et al., 2017). Si pensa che la compromissione del riconoscimento delle emozioni provocata dalla mascherina possa portare a cambiamenti adattivi di plasticità. Pertanto, ci si domanda se un cambiamento di questo tipo possa avere delle conseguenze sul comportamento emotivo e l’interazione sociale e se, quindi, la frequente esposizione a volti con mascherine possa ridurre risposte empatiche a stati emotivi altrui e la motivazione a comportarsi in modo prosociale per l’altro. Gli autori di questa ipotesi ne sottolineano il carattere speculativo, ritenendo necessari studi sul legame tra mascherina nel riconoscimento delle emozioni e interazione sociale.

Fenomeni di plasticità sinaptica dipendenti dall’esperienza sono stati osservati anche nella corteccia visiva (Hebb, 1949). È stato dimostrato che una privazione perdurante di input sensoriali visivi provoca una significativa riduzione della plasticità sinaptica, compromettendo le relative aree ricettive corticali (Darian-Smith e Gilbert, 1995; Karmarkar e Dan, 2006; Cooke e Bear, 2013). In tal senso, si suppone che l’uso persistente e a lungo termine di maschere facciali possa alterare la plasticità sinaptica di aree corticali visive responsabili dei processi visivi di percezione facciale.

L’attenzione è stata posta anche sulle eventuali conseguenze di queste modificazioni sinaptiche nei bambini e negli individui affetti da compromissione sociale ed emotiva (Ferrari et al., 2021). Lo sviluppo delle abilità di elaborazione facciale nei primi anni di vita potrebbe infatti essere alterato da modificazioni adattive a lungo termine a livello neurale.

Rimangono da studiare anche le possibili implicazioni a livello neurale per quegli individui che manifestano un’elaborazione del volto già anomala. Si è osservato ad esempio che soggetti con alcune forme di autismo elaborano i visi diversamente, in particolare la regione degli

occhi (Golarai et al., 2006). Per questo ci si chiede come si riorganizzi la percezione facciale in questi soggetti, quando gli unici stimoli disponibili sono gli occhi. Queste ipotesi necessitano future indagini sugli effetti a lungo termine dell'uso della mascherina.

4. ELABORAZIONE DEL VOLTO E fMRI: RACCOLTA E SELEZIONE DELLE PUBBLICAZIONI PER UNA SUCCESSIVA METANALISI

Con lo scopo di approfondire i possibili effetti della mascherina sull'elaborazione dei volti, è iniziato un lavoro di ricerca e selezione delle pubblicazioni scientifiche che affrontano tale tematica in ambito di neuroimaging. Sono stati cercati studi di risonanza magnetica funzionale che potessero spiegare i cambiamenti di attività cerebrale dovuti alla mascherina. Attualmente non sono ancora disponibili sufficienti studi di neuroimaging sulla percezione di volti con la mascherina, ma esiste un'ampia letteratura sull'analisi del volto e delle sue singole parti.

Molti studi hanno indagato ad esempio le attivazioni cerebrali legate all'elaborazione del volto davanti alla sola zona degli occhi. Altre ricerche hanno osservato l'attività neuronale legata all'osservazione di bocca e labbra, rilevando l'importanza di quest'area del volto in determinati processi. Altri studi hanno confrontato le attivazioni durante la visione di volti interi con quelle associate alla visione di parti di volti, rilevando le regioni cerebrali coinvolte nella nell'una e nell'altra condizione.

Questa letteratura è stata raccolta e analizzata, per comprendere i processi cerebrali coinvolti nell'osservazione di un viso di cui è visibile solo la parte superiore. Partendo da questa stessa letteratura, è possibile riflettere sulle attivazioni e i processi che potrebbero subire dei cambiamenti quando naso e bocca sono coperti. Confrontando le aree cerebrali coinvolte nella visione del volto per intero e quelle coinvolte nella visione parziale, è possibile trarre delle informazioni utili a capire se la mascherina modifichi i processi di elaborazione del volto in senso qualitativo, piuttosto che quantitativo.

La raccolta degli articoli è derivata da una revisione sistematica della letteratura disponibile sul tema, con l'obiettivo di combinare e aggregare successivamente i dati in un lavoro di meta-analisi.

Procedura di selezione degli articoli e altre osservazioni

La raccolta degli articoli è avvenuta esclusivamente attraverso il database PubMed. Per trovare pubblicazioni in linea con l'argomento che si intendeva indagare è stata fatta la seguente ricerca: “(faces OR eyes) AND (perception OR elaboration) AND (fMRI OR MRI OR "brain imaging" OR neuroimaging)”. In questo modo i risultati della ricerca hanno incluso studi di imaging cerebrale su percezione e elaborazione di volti e di occhi.

I 9717 articoli risultati dalla ricerca sono stati importati su un software per la gestione della bibliografia, la scrematura delle pubblicazioni. Sono stati scartati gli studi che non interessavano la tematica ricercata e si è deciso di non includere studi sull'elaborazione del

volto in caso di condizioni patologiche, psicopatologiche o di lesione cerebrale. Si è scelto di scartare anche articoli su studi di imaging che non fossero di risonanza magnetica funzionale, studi sull'autopercezione e studi di meta-analisi.

Da questa prima selezione, in cui sono stati esaminati i titoli e gli abstract degli articoli sono rimasti circa 900 studi.

La raccolta attualmente selezionata si divide in studi di risonanza magnetica funzionale sull'elaborazione del volto per intero e sull'elaborazione di parti di volto.

Gli studi sul volto intero indagano i correlati neurali di diversi aspetti dell'elaborazione facciale, come la percezione di espressioni emotive e dinamiche, l'elaborazione di caratteristiche varianti e invariati oppure di caratteristiche interne e esterne dei volti. Alcuni studi indagano la percezione olistica dei volti, fornendo evidenze neurali della rappresentazione del volto come insieme integrato (es. Zhang et al., 2012; Andrews et al., 2010).

Gli articoli scientifici sull'elaborazione di parti di volto si dividono in studi sull'elaborazione degli occhi e della bocca.

Riguardo la regione degli occhi, gli studi esaminano prevalentemente l'attività cerebrale in risposta allo sguardo e al contatto visivo. Per la parte inferiore del volto invece la letteratura si focalizza sulle aree cerebrali coinvolte nell'osservazione della zona della bocca e nella lettura del labiale.

Da uno studio che indaga l'attività dei sistemi neurali coinvolti nell'elaborazione del volto durante la presentazione di informazioni parziali, come la parte superiore e inferiore del viso, emerge che l'osservazione di parti isolate di volto sembra attivare regioni diverse e nuove rispetto a quelle coinvolte nell'elaborazione del volto intero. Ciò suggerisce un'implicazione di queste strutture nella costruzione della rappresentazione del volto intero a partire dalle sue parti (Bennuzzi et al., 2007).

CONCLUSIONI

Diversi modelli e teorie nel tempo hanno cercato di spiegare il funzionamento e i meccanismi coinvolti nel processo di percezione dei volti e i dati di letteratura supportano l'ipotesi del volto come stimolo diverso dagli altri e quindi elaborato attraverso meccanismi specifici.

Riguardo l'elaborazione dell'intero volto e delle sue singole parti, evidenze sperimentali suggeriscono che la percezione del volto avvenga attraverso un processo di elaborazione olistica, in cui le singole caratteristiche sono unite in un insieme integrato.

Due processi importanti nella percezione facciale sono la categorizzazione del volto come appartenente alla specie umana da un lato e il riconoscimento dell'individuo specifico dall'altro; inizialmente erano ritenuti sequenziali, ma successivamente se ne è osservata la relativa indipendenza. La messa in atto di processi di categorizzazione o di riconoscimento sembra infatti dipendere dal grado di esperienza che si ha di determinate tipologie di volti.

Studi recenti hanno messo in luce l'esistenza di due vie per l'elaborazione e il riconoscimento dei volti: una "via cognitiva" per l'analisi visiva e il recupero delle informazioni e una "via affettiva" per le risposte emotive e fisiologiche associate al riconoscimento di persone familiari.

In merito alla predisposizione umana ai volti, evidenze confermano una tendenza innata alla ricerca di stimoli facciali che prescinde dall'esperienza. Nonostante ciò, l'esperienza rimane fondamentale per l'apprendimento delle abilità di elaborazione.

Sembra plausibile l'esistenza di meccanismi specifici adibiti alla sola elaborazione dei volti. L'esistenza di meccanismi specifici dal punto di vista neurale è stata dimostrata grazie a casi di doppia dissociazione tra il riconoscimento di volti e oggetti, la rilevazione nei primati di neuroni selettivi ai volti e la scoperta nell'uomo di aree cerebrali che si attivano solo in presenza di stimoli facciali.

La percezione del volto sembra però coinvolgere anche regioni cerebrali che non interessano esclusivamente questo tipo di stimolo. Nello specifico sembrano essere coinvolte aree deputate al recupero della conoscenza della persona, alla produzione di risposte emotive, alla comprensione di azioni ed emozioni altrui e ai processi di attenzione spaziale e mentalizzazione; la percezione del volto sarebbe pertanto guidata dall'azione simultanea di più regioni distribuite a livello cerebrale.

Considerando gli ultimi anni di pandemia di COVID-19, ci si è domandato quali effetti possa avere l'uso della mascherina medica sui processi di elaborazione dei volti. La copertura della parte inferiore del volto sembra compromettere il riconoscimento di espressioni facciali e la discriminazione degli stati emotivi altrui, ciò fa pensare ad una possibile compromissione dei processi legati alla comprensione empatica dell'Altro. La presenza della mascherina inoltre sembra ostacolare e interrompere il processo di elaborazione olistica dei volti.

D'altra parte, con la mascherina lo sguardo, quando è distolto, assumerebbe un'influenza maggiore nei processi di spostamento dell'attenzione.

Persone che elaborano i volti focalizzandosi maggiormente sulla regione degli occhi, ottengono di conseguenza risultati migliori in presenza della mascherina. È da considerare il possibile impatto della mascherina sulla percezione del volto in soggetti che mostrano un'elaborazione atipica dei volti, che non considera la regione degli occhi. In questi casi la mascherina potrebbe avere effetti più destabilizzanti anche nelle quotidiane interazioni sociali.

Per quanto riguarda lo sviluppo dell'individuo, le conseguenze dell'uso della mascherina rimangono da indagare. Nei bambini il riconoscimento delle emozioni sembra essere comunque compromesso, ma non drammaticamente. Si riflette su come si possano adattare a lungo termine i processi di elaborazione facciale, soprattutto da un punto di vista neurale. Si ipotizza che l'osservazione quotidiana di volti con la mascherina possa modificare le risposte neurali e provocare una riorganizzazione delle aree coinvolte nella lettura dei volti.

Per comprendere l'impatto della mascherina sulla percezione dei volti sembra indispensabile indagare le risposte cerebrali coinvolte nella percezione di volti di cui è visibile solo la parte superiore. Confrontando i correlati neurali della percezione del volto per intero e quelli dell'osservazione della sola parte superiore, si potrebbero avanzare ipotesi sui processi alterati dalla presenza della mascherina.

Pertanto, ci si domanda in che modo questa nuova percezione dei volti possa in futuro avere un impatto sull'interazione sociale e sullo sviluppo di abilità socio-comunicative. Ci si domanda se la visione degli occhi e altri segnali possa essere sufficiente ad una vera comprensione dell'Altro, dei suoi stati emotivi e dei suoi messaggi.

Queste questioni dovrebbero essere affrontate considerando il profondo disagio psicologico causato dalla pandemia. L'interazione col volto dell'Altro è stata per lungo tempo ridotta e limitata agli scambi virtuali.

In conclusione, bisogna anche ricordare che l'uso della mascherina ha avuto conseguenze positive, non solo dal punto di vista sanitario. Per alcuni la mascherina ha diminuito il senso di minaccia derivante dal confronto faccia a faccia, fornendo una maggiore protezione dallo sguardo e dal giudizio altrui. Si può dire che per alcuni ha facilitato le interazioni sociali e favorito il benessere psicologico. D'altronde la maschera, di qualsiasi tipo, ha sempre aiutato l'uomo a esprimersi liberamente.

Rimane aperta la questione se aiuti o meno le interazioni e l'elaborazione reciproca e quotidiana dei volti e di quello che esprimono e se modifichi i processi di elaborazione del volto.

BIBLIOGRAFIA

Andrews, T. J., Davies-Thompson, J., Kingstone, A., & Young, A. W. (2010). Internal and external features of the face are represented holistically in face-selective regions of visual cortex. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 30(9), 3544–3552.

* Avidan, G., Tanzer, M., & Behrmann, M. (2011). Impaired holistic processing in congenital prosopagnosia. *Neuropsychologia*, 49(9), 2541–2552.

*Bargh, J.A., Chen, M., and Burrows, L. (1996). Automaticity of social behavior: direct effects of trait construct and stereotype-activation on action. *Journal of Personality and Social Psychology*, 71, 230–244.

Barrick, E. M., Thornton, M. A., & Tamir, D. I. (2021). Mask exposure during COVID-19 changes emotional face processing. *PloS one*, 16 (10), e0258470.

*Bartels, A. and Zeki, S. (2000). The neural basis of romantic love. *Neuroreport*, 11, 3829–3834.

*Bauer R. M. (1984). Autonomic recognition of names and faces in prosopagnosia: a neuropsychological application of the Guilty Knowledge Test. *Neuropsychologia*, 22(4), 457–469.

Benuzzi, F., Pugnaghi, M., Meletti, S., Lui, F., Serafini, M., Baraldi, P., & Nichelli, P. (2007). Processing the socially relevant parts of faces. *Brain research bulletin*, 74(5), 344–356.

*M. Bocchio, S. Nabavi, M. Capogna. Synaptic plasticity, engrams, and network oscillations in amygdala circuits for storage and retrieval of emotional memories. *Neuron.*, 94 (4) (2017), pp. 731-743

Breen, N., Caine, D., & Coltheart, M. (2000). Models of face recognition and delusional misidentification: a critical review. *Cognitive neuropsychology*, 17(1), 55–71.

Bruce, V. and Young, A. (1986), Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77: 305-327.

*Calder, A.J., Burton, A.M., Miller, P., Young, A.W., and Akamatsu, S. (2001). A principal component analysis of facial expressions. *Vision Research*, 41, 1179–1208.

*Calder, A.J., Beaver, J.D., Davis, M.H., van Ditzhuijzen, J., Keane, J., and Lawrence, A.D. (2007). Disgust sensitivity predicts the insula and pallidal response to pictures of disgusting foods. *European Journal of Neuroscience*, 25, 3422–3428.

Carnevali, L., Gui, A., Jones, E. J. H., & Farroni, T. (2022). Face Processing in Early Development: A Systematic Review of Behavioral Studies and Considerations in Times of COVID-19 Pandemic. *Frontiers in psychology*, 13, 778247.

Ceccarini, F. (2014). Elaborazione percettiva del volto. ifefromm.it. <https://www.ifefromm.it/wp-content/uploads/2020/03/elaborazione-percettiva-volto.pdf>

- *Y.L. Chen, C.C. Huang, K.S. Hsu. Time-dependent reversal of long-term potentiation by low-frequency stimulation at the hippocampal mossy fiber-CA3 synapses. *J. Neurosci.*, 21 (11) (2001), pp. 3705-3714
- *S.F. Cooke, M.F. Bear. How the mechanisms of long-term synaptic potentiation and depression serve experience-dependent plasticity in primary visual cortex. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. B Biol. Sci.*, 369 (1633) (2013), p. 20130284
- *C. Darian-Smith, C.D. Gilbert. Topographic reorganization in the striate cortex of the adult cat and monkey is cortically mediated. *J. Neurosci.*, 15 (3 Pt 1) (1995), pp. 1631-1647
- *Diamond, R., & Carey, S. (1986). Why faces are and are not special: An effect of expertise. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115, 107–117.
- *Dimberg, U., Thunberg, M., and Elmehed K. (2000). Unconscious facial reactions to emotional facial expressions. *Psychological Science*, 11, 86–89.
- *Eimer M. (2000). The face-specific N170 component reflects late stages in the structural encoding of faces. *Neuroreport*, 11(10), 2319–2324.
- *Ellis, H. D., & Lewis, M. B. (2001). Capgras delusion: a window on face recognition. *Trends in cognitive sciences*, 5(4), 149–156.
- *Ellis, H. D., & Young, A. W. (1990). Accounting for delusional misidentifications. *The British journal of psychiatry: the journal of mental science*, 157, 239–248.
- *Ellis, HD., Young, AW., Quayle, AH., & DePauw, KW. (1997). Reduced autonomic responses to faces in Capgras delusion. *Proceedings of the Royal Society of London series B-Biological sciences*, 264(1384), 1085-1092.
- *Engell, A. D., & Haxby, J. V. (2007). Facial expression and gaze-direction in human superior temporal sulcus. *Neuropsychologia*, 45(14), 3234–3241.
- Ferrari, C., Vecchi, T., Sciamanna, G., Blandini, F., Pisani, A., & Natoli, S. (2021). Facemasks and face recognition: Potential impact on synaptic plasticity. *Neurobiology of disease*, 153, 105319.
- Fitousi, D., Rotschild, N., Pnini, C., & Azizi, O. (2021). Understanding the Impact of Face Masks on the Processing of Facial Identity, Emotion, Age, and Gender. *Frontiers in psychology*, 12, 743793.
- Freud, E., Stajduhar, A., Rosenbaum, R. S., Avidan, G., & Ganel, T. (2020). The COVID-19 pandemic masks the way people perceive faces. *Scientific reports*, 10(1), 22344.
- *Garner, W. R. (1978). Aspects of a stimulus: Features, dimensions, and configurations. In E. H. Rosch & B. B. Lloyd (Eds.), *Cognition and categorization* (pp. 99–133). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- *Gauthier, I., Skudlarski, P., Gore, J. C., & Anderson, A. W. (2000). Expertise for Cars and Birds Recruits Brain Areas Involved in Face Recognition. *Nature Neuroscience*, 3, 191-197.
- *Ge L, Zhang H, Wang Z, Pascalis O, Quinn PC, Kelly DJ, Slater AM, Lee K. Two faces of the other-race effect Recognition and categorization of Caucasian and Chinese faces. *Perception*. 2009; 38:1199–1210. [PubMed: 19817152]

- *Gobbini, M. I., Leibenluft, E., Santiago, N., and Haxby, J. V. (2004). Social and emotional attachment in the neural representation of faces. *NeuroImage*, 22, 1628–1635.
- *Gobbini, M.I. and Haxby, J.V. (2006). Neural response to the visual familiarity of faces. *Brain Research Bulletin*, 71, 76–82.
- *G. Golarai, K. Grill-Spector, A.L. Reiss. Autism and the development of face processing. *Clin Neurosci Res.*, 6 (3) (2006 Oct), pp. 145-160
- *Goren, C. C., Sarty, M., & Wu, P. Y. (1975). Visual following and pattern discrimination of face-like stimuli by newborn infants. *Pediatrics*, 56(4), 544–549.
- *Greenwald, A.G. and Banaji, M.R. (1995). Implicit social cognition: attitudes, self-esteem, and stereotypes. *Psychological Review*, 102, 4–27.
- *Grill-Spector, K., Knouf, N., & Kanwisher, N. (2004). The fusiform face area subserves face perception, not generic within-category identification. *Nature neuroscience*, 7(5), 555–562.
- *Halgren E, Dale AM, Sereno MI, Tootell RBH, Marinkovic K, Rosen BR (1999): Location of human face-selective cortex with respect to retinotopic areas. *Hum Brain Mapp* 7:29–37.
- *Hanson, S. J., Matsuka, T., & Haxby, J. V. (2004). Combinatorial codes in ventral temporal lobe for object recognition: Haxby (2001) revisited: is there a "face" area?. *NeuroImage*, 23(1), 156–166.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in cognitive sciences*, 4(6), 223–233.
- *Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2002). Human neural systems for face recognition and social communication. *Biological psychiatry*, 51(1), 59–67.
- Haxby, J. V., & Gobbini, M. I. (2010). Distributed Neural Systems for Face Perception. [haxbylab.dartmouth.edu. http://haxbylab.dartmouth.edu/publications/HG11.pdf](http://haxbylab.dartmouth.edu/publications/HG11.pdf)
- *Haxby, J. V., Gobbini, M. I., Furey, M. L., Ishai, A., Schouten, J. L., & Pietrini, P. (2001). Distributed and overlapping representations of faces and objects in ventral temporal cortex. *Science* (New York, N.Y.), 293(5539), 2425–2430. <https://doi.org/10.1126/science.1063736>
- *D.O. Hebb. *The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory*. Wiley, New York (1949)
- *HECAEN, H., & ANGELERGUES, R. (1962). Agnosia for faces (prosopagnosia). *Archives of neurology*, 7, 92–100.
- *Hirstein, W., & Ramachandran, V. S. (1997). Capgras syndrome: a novel probe for understanding the neural representation of the identity and familiarity of persons. *Proceedings. Biological sciences*, 264(1380), 437–444.
- Hsiao, J. H., Liao, W., & Tso, R. V. Y. (2022). Impact of mask use on face recognition: an eye-tracking study. *Cognitive research: principles and implications*, 7(1), 32.

*Idson, L.C. and Mischel, W. (2001). The personality of familiar and significant people: the lay perceiver as a social-cognitive theorist. *Journal of Personality and Social Psychology*, 80, 585–96.

*Jason J.S. Barton, Jodie Davies-Thompson, Sherryse L. Corrow, Prosopagnosia and disorders of face processing, Editor(s): Jason J.S. Barton, Alexander Leff, *Handbook of Clinical Neurology* (2021)

Kanwisher, N. Domain specificity in face perception. *Nat Neurosci* 3, 759–763 (2000).

*U.R. Karmarkar, Y. Dan. Experience-dependent plasticity in adult visual cortex *Neuron*, 52 (4) (2006), pp. 577-585

*Kelly, D. J., Quinn, P. C., Slater, A. M., Lee, K., Ge, L., & Pascalis, O. (2007). The other-race effect develops during infancy: evidence of perceptual narrowing. *Psychological science*, 18(12), 1084–1089.

*Kosaka, H. Omori, M., Iidaka, T. et al. (2003). Neural substrates participating in acquisition of facial familiarity: an fMRI study. *Neuroimage*, 20, 1734–1742.

*Kriegeskorte, N., Formisano, E., Sorger, B., and Goebel, R. (2007). Individual faces elicit distinct response patterns in human anterior temporal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 104, 20600–20605.

Lau W. K. (2021). Face Masks Bolsters the Characteristics From Looking at a Face Even When Facial Expressions Are Impaired. *Frontiers in psychology*, 12, 704916.

*Levin DT. Race as a visual feature: Using visual search and perceptual discrimination tasks to understand face categories and the cross-race recognition deficit. *Journal of Experimental Psychology: General*. 2000; 129:559–574. [PubMed: 11142869]

Marini, M., Ansani, A., Paglieri, F. et al. The impact of facemasks on emotion recognition, trust attribution and re-identification. *Sci Rep* 11, 5577 (2021).

Miyazaki, Y., Kamatani, M., Suda, T., Wakasugi, K., Matsunaga, K., & Kawahara, J. I. (2022). Effects of wearing a transparent face mask on perception of facial expressions. *i-Perception*, 13(3), 20416695221105910.

*Mondloch CJ, Le Grand R, Maurer D. Configural face processing develops more slowly than featural face processing. *Perception*. 2002;31(5):553–566.

*Montgomery, K.J. and Haxby J.V. (2008). Mirror neuron system differentially activated by facial expressions and social hand gestures: a functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 1866–1877.

*Montgomery, K.J., Seherman, K.R., and Haxby, J.V. (2009). The well-tempered social brain. *Psychological Science*, 20, 1211–1213.

Morton, John & Johnson, Mark. (1991). CONSPEC and CONLERN: a two-process theory of infant face recognition. *Psychological review*. 98. 164-81. 10.1037/0033-295X.98.2.164.

*Moore C, Cohen M.X, Ranganath C. Neural mechanisms of expert skills in visual working memory. *J. Neurosci*. 2006; 26:11187–11196

*Nelson, Charles. (2001). The Development and Neural Bases of Face Recognition. *Infant and Child Development*. 10. 3 - 18. 10.1002/icd.239.

*Nummenmaa, L. and Calder, A.J. (2009). Neural mechanisms of social attention. *Trends in Cognitive Sciences*. 13, 135–143.

*Op de Beeck, H. P., Baker, C. I., DiCarlo, J. J., & Kanwisher, N. G. (2006). Discrimination training alters object representations in human extrastriate cortex. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 26(50), 13025–13036.

Paolinelli Vitali, M. (2007). Teorie e modelli di riconoscimento dei volti. *PerFormat*. <https://www.performat.it/pubblicazioni-articoli/1162/>

Pascalis, O., de Martin de Viviés, X., Anzures, G., Quinn, P. C., Slater, A. M., Tanaka, J. W., & Lee, K. (2011). Development of face processing. *Wiley interdisciplinary reviews. Cognitive science*, 2(6), 666–675.

*Pascalis O, Scott LS, Kelly DJ, Shannon RW, Nicholson E, et al. Plasticity of face processing in infancy. *Proceedings of the National Academy of Science*. 2005; 102:5297–5300.

Perrett, D. I., Rolls, E. T., & Caan, W. (1982). Visual neurones responsive to faces in the monkey temporal cortex. *Experimental brain research*, 47(3), 329–342.

*Phillips, M.L., Drevets, W.C., Rauch, S.L., and Lane, R. (2003). Neurobiology of emotion perception. I: the neural basis of normal emotion perception. *Biological Psychiatry*, 54, 504–514.

*Pinker, S. *How the Mind Works* (Norton, New York, 1997).

*Polk, T. A., Park, J., Smith, M. R., & Park, D. C. (2007). Nature versus nurture in ventral visual cortex: a functional magnetic resonance imaging study of twins. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*, 27(51), 13921–13925.

*A. Puce, T. Allison, M. Asgari, J.C. Gore, G. McCarthy. Differential sensitivity of human visual cortex to faces, letterstrings, and textures: A functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Neuroscience*, 16 (1996), pp. 5205-5215

*Rajimehr, R., Young, J.C., and Tootell, R.B.H. (2009). An anterior temporal face patch in human cortex, predicted by macaque maps. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 106, 1995–2000.

*Rhodes, G., Brake, S., & Atkinson, A. (1993). What's lost in inverted faces? *Cognition*, 47, 25–57.

*Rhodes, G., Byatt, G., Michie, P. T., & Puce, A. (2004). Is the fusiform face area specialized for faces, individuation, or expert individuation?. *Journal of cognitive neuroscience*, 16(2), 189–203.

Ruba AL, Pollak SD (2020) Children's emotion inferences from masked faces: Implications for social interactions during COVID-19. *PLOS ONE* 15(12): e0243708.

*Sergent, J. (1984). An investigation into component and configural processes underlining face perception. *British Journal of Psychology*, 75, 221–242.

- *Sugita Y. (2008). Face perception in monkeys reared with no exposure to faces. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(1), 394–398.
- *A. Suvrathan, S. Bennur, S. Ghosh, et al. Stress enhances fear by forming new synapses with greater capacity for long-term potentiation in the amygdala. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. B Biol. Sci.*, 369 (1633) (2013), p. 20130151
- Tanaka, J. e Farah, Martha. (1993). Parts and Wholes in Face Recognition. *The Quarterly journal of experimental psychology. A, Human experimental psychology.* 46. 225-45.
- *Tanaka JW, Kaiser MD, Hagen S, Pierce LJ. Losing face: Impaired discrimination of featural and configural information in the mouth region of an inverted face. *Atten. Percept. Psychophys.* 2014; 76:1000–1014.
- Thompson, P. (1980). Margaret Thatcher: A new illusion. *Perception*, 9, 483–484.
- *Todorov, A. and Uleman, J.S. (2002). Spontaneous trait inferences are bound to actors' faces: evidence from a false recognition paradigm. *Journal of Personality and Social Psychology*, 83, 1051–1065.
- *Todorov, A., Gobbini, M.I., Evans, K.K., and Haxby, J.V. (2007). Spontaneous retrieval of affective person knowledge in face perception. *Neuropsychologia*, 45, 163–173.
- *Tranel, D., & Damasio, A. R. (1985). Knowledge without awareness: An autonomic index of facial recognition by prosopagnosics. *Science*, 228(4706), 1453–1454.
- Verroca, A., de Rienzo, C. M., Gambarota, F., & Sessa, P. (2022). Mapping the perception-space of facial expressions in the era of face masks. *Frontiers in psychology*, 13, 956832.
- Villani, C., D'Ascenzo, S., Scerrati, E., Ricciardelli, P., Nicoletti, R., & Lugli, L. (2022). Wearing the face mask affects our social attention over space. *Frontiers in psychology*, 13, 923558.
- *Vuilleumier, P., Armony, J. L., Driver, J., & Dolan, R. J. (2001). Effects of attention and emotion on face processing in the human brain: an event-related fMRI study. *Neuron*, 30(3), 829–841.
- *Wicker, B., Keysers, C., Plailly, J., Royet, J.-P., Gallese, V., and Rizzolatti, G. (2003). Both of us disgusted in my insula: The common neural basis of seeing and feeling disgust. *Neuron*, 40, 655–664.
- *Winston, J. S., Henson, R. N., Fine-Goulden, M. R., & Dolan, R. J. (2004). fMRI-adaptation reveals dissociable neural representations of identity and expression in face perception. *Journal of neurophysiology*, 92(3), 1830–1839.
- Wong, H. K., & Estudillo, A. J. (2022). Face masks affect emotion categorisation, age estimation, recognition, and gender classification from faces. *Cognitive research: principles and implications*, 7(1), 91.
- *Yin, R. K. (1969). Looking at upside-down faces. *Journal of Experimental Psychology*, 81, 141–145.

*Young, R. K., Hellawell, D., & Hay, D. C. (1987). Configural information in face perception. *Perception*, 16, 747–759.

*Yovel, G., Kanwisher, N. (2005). The neural basis of the behavioral face – inversion effect. *Current Biology* 15, 2256 – 2262

*X. Yue, B.S. Tjan, I. Biederman. What makes faces special? *Vision Research*, 46 (2006), pp. 3802-3811

Zhang, J., Li, X., Song, Y., & Liu, J. (2012). The fusiform face area is engaged in holistic, not parts-based, representation of faces. *PloS one*, 7(7), e40390.

* = opere non direttamente consultate