

MATTEO BOLOGNA
LUCA MARSILI
LUCIA RICCIARDI

Il volto delle neuroscienze

Dal sorriso di Monna Lisa alla pietra
di Cydonia

SAGGI

Alla mia famiglia

Matteo Bologna

A Martina, Susanna, Loni e Marco Giovanni

Luca Marsili

A Santi, per il tuo amore, sostegno e ispirazione costante

Lucia Ricciardi

Gli specchi farebbero bene a riflettere prima di riflettere la nostra immagine.

Jean Cocteau

C'è una maschera per la famiglia, una per la società, una per il lavoro. E quando stai solo, resti nessuno.

Luigi Pirandello

Come il volto è l'immagine dell'anima, gli occhi ne sono gli interpreti.

Marco Tullio Cicerone

Indice

p.	11	Introduzione
13		Capitolo 1
		<i>Il volto e le sue espressioni</i>
	1.1.	I muscoli del volto, 13
	1.2.	Connessioni tra muscoli e cervello, 16
	1.3.	Le espressioni facciali, 19
	1.4.	Classificazione e studio delle espressioni facciali, 21
29		Capitolo 2
		<i>Il riconoscimento del volto</i>
	2.1.	Riconoscimento del proprio volto e consapevolezza di sé, 32
	2.2.	Lo sviluppo della percezione delle espressioni del volto, 34
	2.3.	Comprendere le emozioni altrui osservando il volto, 36
	2.4.	Il fenomeno del “facial mimicry”, 38
	2.5.	Il potere dello sguardo, 39
	2.6.	La percezione della bellezza del volto, 42
	2.7.	L'effetto Dunning-Kruger nella percezione del volto, 44
	2.8.	Il fenomeno della pareidolia facciale, 46
	2.9.	La prosopagnosia, 49
	2.10.	L'appiattimento emotivo, 52
55		Capitolo 3
		<i>Il volto nell'arte</i>
	3.1.	Il volto nella cinematografia, 55

	3.2. Il volto nelle arti figurative, 59
	3.3. La “Venere di Milo” e l’asimmetria del volto, 64
	3.4. Il sorriso della Gioconda, 67
	3.5. Arte, volto, e patologie neurologiche, 74
p. 79	Capitolo 4 <i>Il volto nella società digitale</i>
	4.1. Il selfie, 79
	4.2. Le emoticon, 84
87	Capitolo 5 <i>Il volto nei disturbi neurologici e psichiatrici</i>
	5.1. La paralisi facciale, 87
	5.2. Il volto nelle malattie neurodegenerative, 89
	5.3. Il volto nell’epilessia, 94
	5.4. Il volto nelle malattie psichiatriche, 96
	5.5. Il volto nei disturbi dello spettro autistico, 97
99	Capitolo 6 <i>Il volto in criminologia</i>
105	Conclusione
107	Bibliografia
125	Indice delle illustrazioni
129	Ringraziamenti

Introduzione

Questo testo adotta uno stile divulgativo e si rivolge a professionisti come medici, neurologi, psichiatri, psicologi, oltre ad appassionati di neuroscienze, studenti e curiosi. Gli autori, esperti nel campo delle neuroscienze, hanno dedicato il loro lavoro allo studio del volto in condizioni normali (fisiologiche) e nelle patologie neurologiche. In questa sede approfondiscono il ruolo dello studio del volto umano come chiave di lettura per meglio comprendere e interpretare il funzionamento del sistema nervoso. La particolarità dello studio del volto risiede infatti nella sua peculiare capacità di fornire preziose informazioni sulle dinamiche del cervello umano. Il volto è infatti sottoposto a un controllo raffinato da parte del cervello, e questo avviene attraverso meccanismi complessi, compresi quelli che regolano le emozioni umane. Il volto non è solamente un'interfaccia privilegiata per esprimere le emozioni umane, ma costituisce anche una chiave interpretativa per comprendere gli effetti delle patologie neurologiche. Nei primi capitoli, introduttivi, vengono presentate informazioni anatomiche e funzionali utili per comprendere al meglio le tematiche trattate successivamente. L'attenzione si sposta quindi sul progresso scientifico che ha contribuito a chiarire il ruolo del volto nelle neuroscienze. Questo percorso comprende una serie di argomenti, tra cui i processi alla base della percezione e del riconoscimento del volto, la capacità di esprimere emozioni e le implicazioni connesse al riconoscimento delle

emozioni altrui, oltre agli aspetti legati alla comunicazione e all'interazione sociale. Infine, vengono esplorate le implicazioni più ampie delle neuroscienze riguardanti il volto, inclusi aspetti di natura artistica.

Capitolo 1

Il volto e le sue espressioni

L'importanza dello studio del volto e delle sue espressioni dipende dalla sua capacità di fornire preziose informazioni sul funzionamento del sistema nervoso. Il movimento volontario è generato da segnali elettrici che collegano la mente al mondo fisico tramite il sistema nervoso; pertanto, la semplice osservazione del movimento può offrire importanti elementi per la comprensione dei meccanismi e dei processi fisiologici che regolano il funzionamento del sistema nervoso (Schwartz, 2016). Inoltre, in neurologia clinica, l'osservazione dei movimenti, in particolar modo del volto, ha significato "localizzatore" (Bologna *et al.*, 2024; Nicholl, Appleton, 2015). Ne consegue che l'osservazione del volto aiuta nel ragionamento clinico e, nell'eventualità di una patologia, permette ad esempio di orientarsi verso la più probabile sede di sofferenza del sistema nervoso centrale o periferico. Ciò è di particolare rilievo nel guidare i successivi test diagnostici per confermare la diagnosi. Da qui deriva l'interesse dei neurologi nello studio del volto, dei suoi muscoli, dei suoi movimenti e della sua capacità di manifestare espressioni di vario genere, incluse le emozioni (Bologna *et al.*, 2013; Cattaneo, Pavesi, 2014).

1.1. I muscoli del volto

La complessa organizzazione della muscolatura del volto consente di eseguire un ampio spettro di movimenti volontari e involon-

tari che includono l'ammicciamento, il sollevamento e il corrugamento delle sopracciglia, e varie espressioni facciali come sorrisi e smorfie. I muscoli del volto svolgono inoltre un ruolo essenziale in funzioni fisiologiche come parlare e alimentarsi (Westbrook *et al.*, 2024). Nel volto si trovano numerosi muscoli, distribuiti in modo simmetrico sui due lati. Questi muscoli, detti facciali o mimici¹, collegano la cute del volto² alle ossa del cranio e, oltre a determinare l'espressività del volto, svolgono funzioni importanti nella vita quotidiana, tra cui ad esempio l'eloquio e la masticazione. A loro volta i muscoli masticatori, implicati primariamente nella masticazione, contribuiscono ai movimenti del volto e all'espressività facciale (Westbrook *et al.*, 2024). Tuttavia, l'aspetto e le espressioni del volto non dipendono solo dal sistema muscoloscheletrico, ma anche dalle fasce superficiali e profonde e dai compartimenti adiposi³ (von Arx *et al.*, 2018).

I muscoli del volto vengono identificati e denominati, in alcuni casi, in base alla loro morfologia caratteristica. I cosiddetti muscoli orbicolari, che circondano letteralmente gli occhi e la bocca, permettono ad esempio di serrare le palpebre e le labbra. I muscoli quadrati del labbro superiore e inferiore spostano le labbra, mentre il muscolo triangolare abbassa l'angolo della bocca. Il muscolo procerico, il cui nome deriva dal latino *procerus*, che significa "alto", "snello" o "distinto" a indicare la sua caratteristica forma allungata. Il muscolo procerico si trova in corrispondenza della parte superiore del naso, tra le sopracciglia, ed è coinvolto nell'abbassamento della cute della fronte, contribuendo ad aggrottare le sopracciglia⁴ (Batla *et al.*, 2010; Bhattacharjee, 2018; Romano, Colosimo, 2001). I muscoli del volto vengono anche denominati in base alla loro

1. Innervati dal VII nervo cranico (nervo facciale).

2. A differenza dei muscoli scheletrici che agiscono sulle ossa.

3. L'approfondita conoscenza delle relazioni tra cute del volto, tessuti adiposi e legamenti facciali è essenziale per eseguire correttamente interventi di chirurgia estetica, ad esempio il lifting del volto.

4. Il "segno del procerico", descritto come la formazione di rughe verticali nella regione della glabella e sul ponte del naso di pazienti con parkinsonismo, e in particolare in caso di paralisi sopranucleare progressiva.

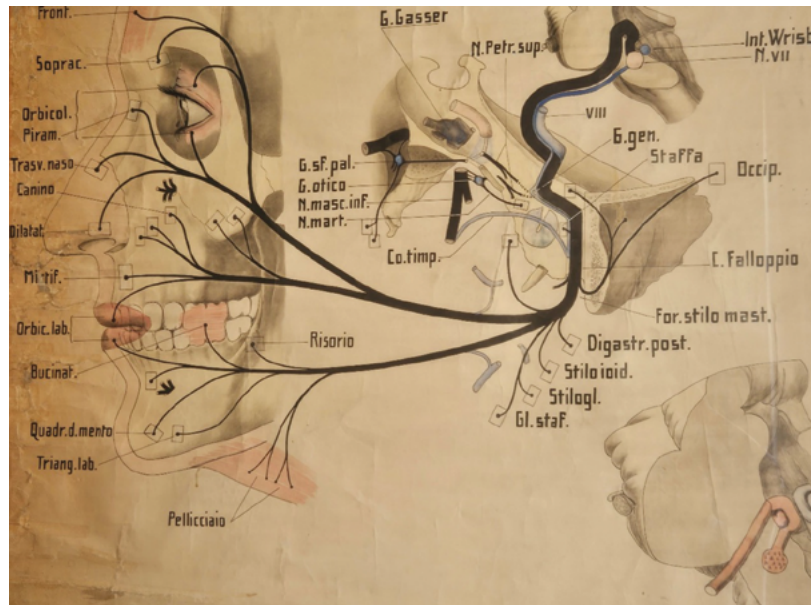


Figura 1. Illustrazione schematica dei principali muscoli del volto e loro innervazione.

posizione. I muscoli frontale e occipitale, situati rispettivamente sulla parte anteriore e posteriore del cranio, sono responsabili dei movimenti del cuoio capelluto. I muscoli auricolari, in prossimità delle orecchie, consentono i movimenti del padiglione auricolare. Il muscolo zigomatico, al di sopra dello zigomo, solleva l'angolo della bocca, mentre il muscolo nasale restringe la narice. I muscoli canini (detti anche elevatori dell'angolo della bocca) e incisivi del labbro superiore, in prossimità dei denti corrispondenti, modificano la commessura delle labbra. Il muscolo glabellare prende il suo nome dalla glabella, una piccola area anatomica situata tra le sopracciglia, al di sopra sopra del naso, ovvero nella porzione inferiore della fronte. Questa zona è solitamente priva di peli ed effettivamente il termine glabella deriva dal latino *glabellus* che significa appunto "liscio" o "calvo". Infine, il muscolo mentale, situato sul mento, solleva e corruga la pelle nella medesima area (Basit *et al.*, 2024). In terzo luogo, oltre che per la loro conformazione e posizione, i muscoli facciali vengono denominati in base alla loro

funzione specifica. Ad esempio, i muscoli corrugatore del sopracciglio, dilatatore delle narici e depressore del setto nasale sono così chiamati per le loro funzioni specifiche. Il muscolo risorio agisce spostando l'angolo della bocca durante il sorriso. Infine, il muscolo buccinatore, che prende il nome dall'antico strumento a fiato chiamato buccina, si trova tra le ossa mascellare e mandibolare e permette alle guance di aderire all'arcata dentale, facilitando la masticazione e il soffiare (Hur, 2017).

Il coordinamento dei numerosi muscoli facciali è complesso e richiede un controllo cerebrale altamente sofisticato. A partire dalle prime osservazioni pionieristiche, successivi studi neurofisiologici e di neuroimmagine hanno permesso di chiarire il ruolo svolto in questo contesto da varie aree cerebrali, che includono la corteccia cerebrale e altre strutture sottocorticali⁵.

1.2. Connessioni tra muscoli e cervello

Nella prima metà del XX secolo, grazie all'intuizione del neurochirurgo americano Penfield e dei suoi collaboratori, fu possibile una descrizione accurata delle diverse aree cerebrali coinvolte nel controllo del movimento volontario umano (Leblanc, 2023, 2022). Essi applicarono stimolazioni elettriche sulla superficie della corteccia cerebrale, osservando come risultato contrazioni muscolari in diverse parti del corpo. Questo approccio pionieristico consentì di delineare una mappa dettagliata, definita in gergo "omuncolo"⁶ (Matias, 2020), ovvero una rappresentazione schematica del corpo umano

5. Come l'amigdala, l'ippocampo e l'ipotalamo, coinvolte nelle emozioni, nella memoria e nel comportamento.

6. La parola *homunculus* deriva dal latino e significa letteralmente "piccolo uomo" o "umanoide". Storicamente, l'*homunculus* era associato alla possibilità di creare un essere umano e il concetto divenne popolare nei testi alchemici del sedicesimo secolo, in particolare nel *De natura rerum* (1537) di Paracelso (1493-1541). Successivamente, l'*homunculus* fece la sua comparsa nella narrativa del diciannovesimo secolo, come nel romanzo *Frankenstein* (1818) di Mary Shelley, dove il tema della creazione artificiale della vita è centrale e successivamente nella letteratura scientifica (Matias, 2020).

sulla corteccia cerebrale. Fu osservato che gran parte della corteccia cerebrale del lobo frontale corrispondeva ai muscoli e ai movimenti del volto. Per essere eseguiti in maniera fluida e coordinata, i movimenti del volto, che includono le espressioni facciali e un elevato numero di muscoli, necessitano di un elevato numero di neuroni che li controllano. Al contrario, i movimenti del tronco e degli arti inferiori, essenziali per la postura e la deambulazione, sono movimenti relativamente più semplici e maggiormente stereotipati rispetto ai movimenti facciali. Pertanto, il grado di complessità del movimento è in rapporto all'estensione delle aree corticali che lo rappresentano. Le osservazioni di Penfield e collaboratori anticiparono ulteriori

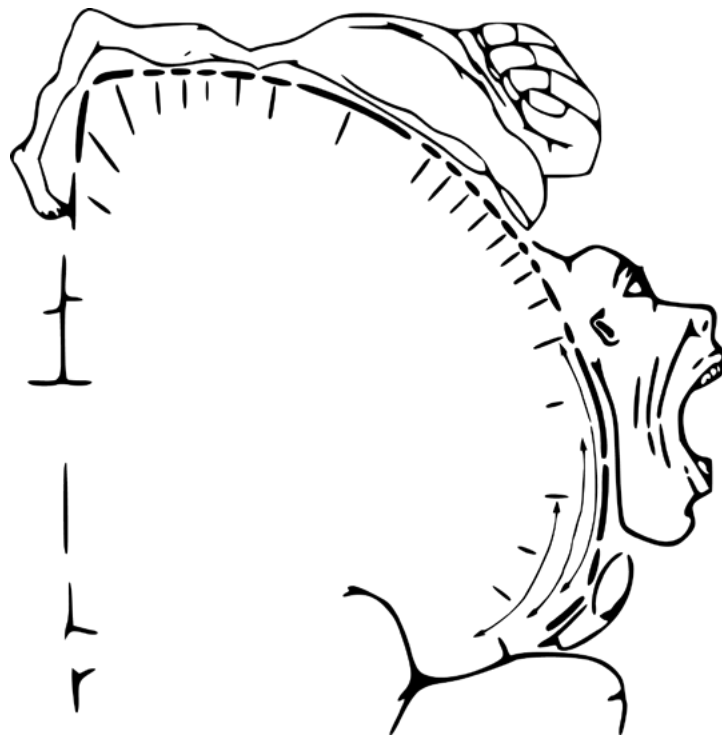


Figura 2. L'“omuncolo motorio”. La superficie del corpo è proiettata sul giro pre-centrale (sezione coronale dell'emisfero sinistro). Si osservi come la muscolatura del volto sia più estesa e rappresentata rispetto a quella di altre aree del corpo, come il tronco o l'arto inferiore.

studi sempre più sofisticati, condotti negli anni successivi, che hanno permesso una più approfondita comprensione della complessità dei meccanismi fisiologici del movimento umano, e in particolare dei movimenti del volto (Catani, 2017).

Osservazioni sperimentali nei primati non umani, ad esempio, hanno permesso di ottenere informazioni dettagliate sulla rappresentazione del volto a livello della corteccia cerebrale. Sono state individuate aree cerebrali localizzate sia a livello della superficie laterale (convessità) che a livello della superficie interna (mediale) del lobo frontale (Morecraft *et al.*, 2001). Le aree corticali della convessità del lobo frontale inviano segnali nervosi discendenti al tronco-encefalico che accoglie il nucleo del nervo facciale e di qui ai muscoli della parte inferiore del volto sul lato opposto. Le aree della superficie interna (mediale) del lobo frontale inviano principalmente segnali nervosi ai muscoli della parte superiore del volto, da entrambi i lati (Morecraft *et al.*, 2001).

Negli esseri umani sono stati condotti ulteriori studi neurofisiologici mediante la tecnica della stimolazione magnetica transcranica (*Transcranial Magnetic Stimulation* – TMS) al fine di indagare specificatamente l'innervazione dei muscoli facciali (Paradiso *et al.*, 2005; Säisänen *et al.*, 2015). La TMS è una tecnica di neuro-stimolazione non invasiva che si avvale dell'uso di brevi impulsi magnetici in grado di superare la teca cranica, raggiungere la corteccia cerebrale e di attivarla per effetto di un campo elettrico secondario (Barker *et al.*, 1985). Di conseguenza, stimolando mediante la TMS le aree corticali in corrispondenza dell'area di rappresentazione del volto, è stato possibile ottenere informazioni sul diverso *pattern* di attivazione dei muscoli facciali dell'emivolto superiore o inferiore, *in vivo*. Più precisamente, quando la TMS veniva applicata lungo la linea mediana del cranio, veniva rilevata l'attivazione dei muscoli di entrambi i lati del volto superiore. Se erogata sulla parte laterale del cranio (e quindi della corteccia), gli impulsi di TMS evocavano risposte motorie nei muscoli del lato opposto del volto (Paradiso *et al.*, 2005). Questi studi negli esseri umani hanno sostanzialmente confermato i risultati ottenuti ne-

gli animali da esperimento sulla funzione delle diverse proiezioni dalla corteccia motoria ai muscoli del volto. La dimostrazione che l'emivolto superiore (ma non inferiore) è innervato da entrambi gli emisferi cerebrali è rilevante per l'interpretazione delle conseguenze patologiche delle malattie neurologiche che determinano una debolezza dei muscoli facciali. I muscoli dell'emivolto superiore sono, infatti, spesso risparmiati nelle lesioni cerebrali centrali (per esempio l'ictus cerebrale).

La corteccia cerebrale⁷ svolge quindi un ruolo fondamentale nel controllo delle espressioni del volto. Le strutture sottocorticali come il sistema limbico⁸ (Holstege, 2002) e i gangli della base interagiscono con le aree corticali cerebrali nel regolare l'espressività facciale, ad esempio in rapporto allo stato emotivo o nell'esecuzione di alcuni automatismi. Inoltre, l'espressività del volto (come altri movimenti corporei) è influenzata dal sistema nervoso autonomo⁹, che contribuisce a espressioni e comportamenti specifici in rapporto all'emozione percepita. L'espressività del volto è pertanto influenzata da diverse aree cerebrali e dalla loro interazione. Lo studio delle espressioni facciali assume quindi una rilevante importanza scientifica, fornendo una prospettiva unica per approfondire e comprendere il funzionamento del sistema nervoso.

1.3. Le espressioni facciali

L'espressività del volto è oggetto di studio in diverse discipline scientifiche, tra cui psicologia, sociologia e medicina. In particolare, le espressioni facciali delle emozioni rivestono un ruolo centrale nella comunicazione umana, facilitando l'interazione sociale e il legame emotivo tra gli individui sin dai primi giorni di vita.

7. In particolare, le aree corticali motorie nella corteccia cerebrale, come la corteccia cingolata e altre aree motorie corticali non primarie.

8. Costituito da numerose strutture, tra cui talamo, ipotalamo, ippocampo e amigdala.

9. Suddiviso in "simpatico", attivato durante risposte di "attacco o fuga", e "parasimpatico", che al contrario caratterizza il riposo e media le funzioni omeostatiche.