

SPAZIO, EMOZIONE, OGGETTI E STORIE.
Sperimentazioni progettuali in ambito museale per
un dialogo tra Architettura e Neuroscienze.

Carolina Tempora

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale
in Architettura Costruzione Città



Tesi di Laurea Magistrale
Spazio, emozione, oggetti e storie.
Sperimentazioni progettuali in ambito
museale per un dialogo tra architettura
e neuroscienze.

Carolina Tempora

Relatrice

Valeria Minucciani

Correlatrici

Nilufer Saglar-Onay

Annamaria Berti

Anno Accademico 2021/2022

Sessione di laurea: Dicembre 2022

A mio padre che c'è sempre stato.

A mia madre che ci ha sempre creduto.

*A Riccardo che pazientemente mi ha
sostenuto durante questo percorso.*

INDICE

Introduzione

PARTE PRIMA

Protagonisti. Architetti prestati alle neuroscienze e neuroscienziati prestati all'architettura

Elementi per la comprensione

Neuroscienze	19
Il cervello	25
Sistema visivo e non solo	29
Principali tecniche per lo studio del cervello	32

Dialogo tra architetti e scienziati

Sensi	36
Lo spazio intorno al corpo.....	38
Noi e il nostro rapporto con la natura.....	39
Affordance	41
Sistemi specchio.....	43
La nostra esperienza con l'architettura.....	49
Simulazione incarnata.....	51
Elemento: materia, superfici.....	56
Elemento: luce, ombra.....	59
Elemento: forma, simmetria.....	64
Elemento: colore	65
(Perché) gli architetti dovrebbero interessarsi alle neuroscienze?	65
ANFA	70

Avventure

Caso studio di Aoun.....	73
Caso studio: ROOMS.....	74
Il caso di uno studio italiano.....	75
Caso studio di Irving Biederman e Edwards Vessel.....	77
Caso studio: Johns Hopkins Hospital.....	79
Caso studio: PEM.....	80
Caso studio: Le Gallerie d'Italia.....	87
Caso studio di Olafur Eliasson.....	88

PARTE SECONDA

Progetto

Caso studio.....	95
Raccolta di Dati.....	97
Epitaffio di Lucifer.....	101
Epigrafe e calco in gesso di Claudia Victoria.....	103
Alterazioni per due stanze.....	108
Metodo d'indagine.....	156
Formulazione di ipotesi.....	159
Risultati.....	161

Appendici — articoli

The Space Around Us.....	228
Embodied simulation: From neurons to phenomenal experience.....	230
Movimento, emozione, empatia. I fenomeni che si producono a livello corporeo osservando le opere d'arte.....	246
The Sense of Touch. Embodied Simulation in a Visuotactile Mirroring Mechanism for Observed Animate or Inanimate Touch.....	253

Glossario

Bibliografia

Sitografia

Gli esseri umani devono essere serviti, e raggiunti, dall'attività progettuale non solo come consumatori, al termine del ciclo; ma devono essere coinvolti anche in corso d'opera in quanto collaboratori e maestranze. Ogni passo deve essere accettabile, comprensibile, convincente, tanto da assicurare la cooperazione necessaria, e la soluzione finale deve esercitare un prestigio razionale ed emotivo. Deve avere il massimo raggio di apertura, per evitare molteplici forme di attrito e collisione; va infatti prevista la portata delle reazioni individuali. Animali cerebralmente meno attrezzati non hanno simili problemi. Non sono impegnati a convincersi l'un l'altro. E per lo più evitano di occuparsi di cose che potrebbero risultare loro fatali. L'uomo è diverso, tende a voler riparare e migliorare le cose. Modifica il suo ambiente naturale, mentre altri animali ci vivono in pace. Essi sopravvivono adattandosi ai mutamenti naturali nel corso di lunghe epoche biologiche, oppure periscono. L'uomo invece potrebbe anche restare vittima delle sue stesse invenzioni esplosive e insidiose. Per adattarsi alle medesime egli si riserva ben poco tempo, anzi sempre meno, man mano che aumenta lo slancio folle della sua magia tecnologica. Se egli vuole davvero sopravvivere, non potrà farlo attraverso un lento adattamento. Dovrà raggiungere questo obiettivo mediante l'esercizio di maggior sottigliezza e circospezione nei suoi progetti, e mediante piani preventivi più cauti. Richard J Neutra, *Progettare per sopravvivere*, 1956, Prefazione.

Introduzione

«Gli esseri umani sono creature di carne che organizzano spazi e strutture fisiche adatte ai propri corpi. Viviamo nelle e attraverso le nostre continue interazioni sia con gli ambienti fisici sia con quelli culturali»¹.

Sappiamo che l'uomo abita gli spazi costruiti, spazi esterni ma in particolare spazi interni. Al giorno d'oggi trascorriamo in media circa il 90% del nostro tempo all'interno di ambienti chiusi. La routine delle nostre giornate o più in generale la società, ci impegna a vivere molto di più all'interno che all'esterno: in casa, nella metropolitana, in macchina, nei bar, in ufficio, a scuola, o in altri spazi circoscritti. Gli edifici svolgono diverse funzioni, sicuramente ci ospitano, ospitano i nostri beni, sono i luoghi in cui svolgiamo azioni; tuttavia non devono solo sopperire ai nostri bisogni primari, «non devono solo dare albergo ai nostri corpi»², gli edifici «devono anche ospitare le nostre menti, i ricordi, i desideri e i sogni»³.

Da molti anni sappiamo che l'ambiente gioca un ruolo fondamentale nel determinare la nostra evoluzione mentale, fisica, culturale e sociale. «Il cervello controlla il nostro comportamento. I geni controllano le linee guida della progettazione e della strutturazione del cervello. L'ambiente può regolare il funzionamento dei geni e, sostanzialmente, la struttura dei nostri cervelli. Cambiamenti nell'ambiente modificano il cervello e quindi essi fanno cambiare il nostro comportamento. Di conseguenza, la progettazione architettonica modifica il nostro cervello e il nostro comportamento»⁴.

¹ Mark L. Johnson, *Il significato incarnato dell'architettura*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 39.

² Juhani Pallasmaa, Harry Francis Mallgrave, Michael Arbib, *Architecture and Neuroscience*, Finlandia, Tapio Wirkkala Rut Bryk Foundation 2013, p. 9.

³ Juhani Pallasmaa, Harry Francis Mallgrave, Michael Arbib, *Architecture and Neuroscience*, Finlandia, Tapio Wirkkala Rut Bryk Foundation 2013, p. 9.

⁴ Rusty Cage, discorso di apertura all'AIA National Convention del 2003, San Diego, 10 maggio 2003. Citazione presa da Melissa Farling, *dall'intuizione all'immersione: architettura e neuroscienze*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 178.

Negli ultimi anni, grazie anche allo sviluppo tecnologico, le scienze biologiche hanno fatto incredibili scoperte che hanno rivoluzionato la conoscenza che noi abbiamo di noi stessi come esseri biologici. La conoscenza sul funzionamento del cervello, e più in generale del sistema nervoso, è stata fortemente rivista. Quindi, visto che gli ambienti ci cambiano così profondamente, e visto che gli architetti sono tra i principali artefici degli spazi costruiti, uno scambio di conoscenze tra chi studia il funzionamento del cervello e chi progetta spazi potrebbe essere una scelta non solo fruttuosa, ma anche saggia. Guardare all'architettura da una prospettiva diversa, multidisciplinare, sta richiamando l'attenzione di numerosi architetti. Probabilmente spinti anche da una critica verso l'architettura contemporanea che, sempre più spesso, tende a privilegiare la soluzione di problemi pragmatici, funzionali e tecnici.

In questo percorso di tesi cercherò di capire *come* e *perché* le neuroscienze possano apportare un contributo alla progettazione architettonica. Sarà necessario toccare argomenti fondamentali per comprendere l'ampia disciplina delle neuroscienze, ma lontani dalla mia formazione e per tanto, trattati brevemente. La migrazione di idee e conoscenza da un campo all'altro permette di trovare soluzioni migliori?

La tesi è suddivisa in due parti. La prima parte di ricerca, dove cercherò di rispondere alle domande: Cosa sono le neuroscienze? Perché gli architetti si stanno interessando alle neuroscienze? Come possiamo usare queste nuove informazioni? Nella seconda parte della tesi esporrò un esperimento: ad un certo numero di persone ho chiesto di valutare, attraverso un sondaggio in forma anonima, alcune stanze per un museo. Le risposte sono alla base per la formulazione di ipotesi progettuali e fonte di nuove domande.

Le citazioni da altre lingue sono state tradotte per rendere la trattazione comprensibile e fluida.

PARTE PRIMA

Protagonisti. Architetti prestati alle neuroscienze e neuroscienziati prestati all'architettura

Nel corso di questa tesi parlerò di alcune persone, provenienti da formazioni diverse, ma che stanno andando tutte nella stessa direzione, spesso lavorando insieme, collaborando a libri, progetti, ricerche, eventi, per fare nuove scoperte e per promuovere e divulgare ciò che è già stato scoperto. Con le parole di Sarah Robinson, essi concordano su questo fatto: «tutti i comportamenti umani dipendono dai nostri cervelli come membra organiche dei nostri corpi, che sono a loro volta attivamente coinvolti negli ambienti ecologici, architettonici, sociali e culturali in cui abitiamo»⁵.

Di seguito presenterò alcuni di questi professionisti i quali mi hanno aiutato a capire questo nuovo e interessante dibattito.

Arbib, Michael Anthony. Neuroscienziato pioniere nello studio interdisciplinare dei computer e dei cervelli; ha studiato i meccanismi cerebrali alla base del controllo visivo dell'azione e ha dedicato molte tempo alla comprensione dei neuroni specchio per l'evoluzione del cervello pronto per il linguaggio. Attualmente è membro del consiglio dell'Accademia di Neuroscienze per l'Architettura e direttore del USC Brain Project e docente di scienze biologiche, ingegneria biomedica, ingegneria elettrica, neuroscienze e psicologia alla University of Southern California⁶.

Eberhard, John Paul. Architetto e presidente fondatore dell'Academy of Neuroscience for Architecture. Autore del libro *Brain Landscape: The Coexistence of Neuroscience and Architecture* e di *Architecture and the Brain: A New Knowledge Base from Neuroscience*⁷.

⁵ Sarah Robinson, *Introduzione: progettare per sopravvivere*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, pp. 10-11.

⁶ Juhani Pallasmaa, Harry Francis Mallgrave, Michael Arbib, *Architecture and Neuroscience*, Finlandia, Tapio Wirkkala Rut Bryk Foundation 2013, p. 77.

⁷ Juhani Pallasmaa, Sarah Robinson (a cura di), *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, trad. di Matteo Zambelli, Firenze, University Press, 2021, p. 232.

Freedberg, David. Professore di storia dell'arte, noto per il suo lavoro sulle risposte psicologiche all'arte e per i suoi studi sull'iconoclastia e la censura. Attualmente direttore dell'Italian Academy for Advanced Studies alla Columbia University. Dal 2015 al 2017 è stato direttore del Warburg Institute dell'Università di Londra. Freedberg insegna nei campi dell'arte olandese, fiamminga, francese e italiana del XVII secolo, così come in aree storiografiche e teoriche. La sua ricerca primaria si concentra sulle relazioni tra arte, storia e neuroscienze cognitive, ed è anche impegnato in ricerche e sperimentazioni sulle relazioni tra visione, incarnazione, movimento ed emozione⁸.

Gallese, Vittorio. Professore di Neurologia presso il Dipartimento di Neuroscienze — Sezione di Fisiologia, dell'Università di Parma. Uno dei componenti del gruppo di scienziati che ha scoperto i neuroni specchio. Ha pubblicato più di centocinquanta saggi e numerosi libri sull'intersoggettività, sul linguaggio, sulla cognizione sociale, sulla psichiatria, sulla percezione e sulla cognizione, sulla fenomenologia e sull'estetica⁹.

Johnson, Mark L. Knight Professor di Liberal Arts and Sciences presso il Dipartimento di Filosofia della University of Oregon. Rinomato per i suoi studi sulle scienze cognitive, sulla filosofia incarnata, sulla linguistica cognitiva. Autore di numerose pubblicazioni tra cui *Metafora e vita quotidiana*, scritto con George Lakoff, e *The Meaning of the Body*¹⁰.

Kandel, Eric Richard. Neuroscienziato statunitense, insegna alla Columbia University di New York. Nel 2000 è stato insignito del premio Nobel per la medicina o fisiologia, insieme ai colleghi A. Carlsson e P. Greengard¹¹. Coautore di uno dei testi più importanti nel campo delle neuroscienze: *Principles of neural science*; tra le sue opere spicca anche il volume *Arte e neuroscienze. Le due culture a confronto*, che

⁸ Rif. <<http://www.columbia.edu/cu/arhistory/faculty/Freedberg.html>>

⁹ Juhani Pallasma, Sarah Robinson (a cura di), *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, trad. di Matteo Zambelli, Firenze, University Press, 2021, p. 232.

¹⁰ Juhani Pallasma, Sarah Robinson (a cura di), *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, trad. di Matteo Zambelli, Firenze, University Press, 2021, p. 233.

¹¹ Treccani, *Kandel, Eric Richard*, <<https://www.treccani.it/enciclopedia/eric-richard-kandel/>>, in <https://www.treccani.it>.

Ramachandran definì: «un libro straordinario, pieno di intuizioni poetiche che non scalfiscono minimamente il rigore scientifico»¹².

Magsamen, Susan. Fondatrice e direttrice esecutiva dell'International Arts + Mind Lab (IAM Lab), Center for Applied Neuroaesthetics, divisione del Brain Science Institute della Johns Hopkins University School of Medicine. Assistente professore di neurologia alla Johns Hopkins e co-direttrice del progetto NeuroArts Blueprint in collaborazione con l'Aspen Institute. Autrice del modello Impact Thinking, approccio di ricerca che si basa sull'evidenza per accelerare l'uso delle arti per risolvere problemi di salute, benessere e apprendimento. È membro della Royal Society of the Arts e consulente strategico di numerose organizzazioni e iniziative innovative, tra cui l'Academy of Neuroscience for Architecture, l'American Psychological Association, la National Association for the Education of Young Children, Brain Futures, Learning Landscapes e Creating Healthy Communities: Arts + Public Health in America¹³.

Mallgrave, Harry Francis. Architetto, editore, traduttore, insegnante, storico e pioniere degli studi sull'applicazione delle neuroscienze alla teoria architettonica. Autore di più di una dozzina di libri. Attualmente è professore di storia e teoria all'Illinois Institute of Technology. Membro onorario del RIBA (Royal Institute for British Architects). Ha lavorato in qualità di Editor of Architecture and Aesthetics per la "Text and Documents Series" del Getty Research Institute¹⁴.

Neutra, Richard Joseph. Considerato uno dei più importanti architetti del XX secolo. Iniziò la sua carriera nello studio di Wagner; successivamente compì viaggi di studio sia nei principali paesi europei sia nell'Estremo Oriente, in America, in Africa e nell'Asia meridionale. Nel 1923 si trasferì a Chicago dove iniziò a lavorare con Holabird e Wright; successivamente si trasferì a Los Angeles¹⁵. Autore del volume *Progettare per sopravvivere*.

¹² Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrieri, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. quarta di copertina.

¹³ Susan Magsamen < <https://www.artsandmindlab.org/people/susan-magsamen/>>, in "<https://www.artsandmindlab.org/blog/>".

¹⁴ Juhani Pallasmaa, Harry Francis Mallgrave, Michael Arbib, *Architecture and Neuroscience*, Finlandia, Tapio Wirkkala Rut Bryk Foundation 2013; Sarah Robinson (a cura di), Juhani Pallasmaa (a cura di), *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021.

¹⁵Treccani, NEUTRA, Richard Joseph, <[https://www.treccani.it/enciclopedia/richard-joseph-neutra_\(Enciclopedia-Italiana\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/richard-joseph-neutra_(Enciclopedia-Italiana)/)> in <https://www.treccani.it>.

Pallasmaa, Juhani. Architetto, educatore e critico finlandese; membro onorario del SAFA (Society of Finnish Architects), dell'AIA (American Institute of Architects) e del RIBA (Royal British Institute of Architects); figura internazionale di primo piano nell'architettura contemporanea, nel design e nella cultura artistica. Ha ricevuto molte lauree honoris causa in architettura, tecnologia e arte. Membro dal 2008 della giuria del Pritzker Prize per l'Architettura. Autore di oltre trenta libri.¹⁶.

Ramachandran, Vilayanur Subramanian. Tra i massimi esperti di neuroscienze; direttore del Center for Brain and Cognition dell'Università della California, inoltre professore di psicologia e neuroscienze all'Università della California¹⁷.

Rizzolatti, Giacomo. Neuroscienziato italiano di fama internazionale; presidente dello European Brain Behavior Society e della Società italiana di neuroscienze; dal 2002 è direttore del Dipartimento di neuroscienze dell'università di Parma. Ha ricevuto numerosi riconoscimenti, come il *Brain Prize* e il Premio *Lombardia è ricerca*, e numerose lauree *honoris causa*. Insieme ai suoi colleghi di Parma, ha scoperto i neuroni specchio¹⁸.

Robinson, Sarah. Architetto, ha iniziato il suo lavoro nell'area della Baia di San Francisco; adesso sta lavorando come architetto a Pavia. Ha conseguito la laurea in Filosofia *Magna cum Laude* presso la University of Wisconsin-Madison e presso l'Università di Friburgo in Svizzera. Successivamente ha frequentato la Frank Lloyd Wright School of Architecture dove ha conseguito il M.Arch. Fondatrice della FLWSA Board of Trustees. Autrice di *Nesting. Fare il nido. Corpo, dimora, mente*¹⁹.

Ruzzon, Davide. Architetto e docente in Composizione architettonica e teoria del progetto; fondatore del Master alla IUAV in Neuroscience Applied to Architectural

¹⁶ Juhani Pallasmaa, Harry Francis Mallgrave, Michael Arbib, *Architecture and Neuroscience*, Finlandia, Tapio Wirkkala Rut Bryk Foundation 2013, p. 29; Sarah Robinson (a cura di), Juhani Pallasmaa (a cura di), *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021.

¹⁷ Vilayanur Subramanian Ramachandran, *Che cosa sappiamo della mente. Gli ultimi progressi delle neuroscienze raccontati dal massimo esperto mondiale*, trad. di Laura Serra, Milano, Mondadori, 2019, presentato in *Autore*.

¹⁸ Treccani, *Rizzolatti, Giacomo*, <<https://www.treccani.it/enciclopedia/giacomo-rizzolatti/>>, in <https://www.treccani.it>.

¹⁹ Sarah Robinson, *Nesting. Fare il nido. Corpo, dimora, mente*, Safarà editore, 2014, p.179.

Design. Dal 2016 collabora con lo studio di architettura Lombardini22 per lo sviluppo di TUNED, progetto che ha come scopo l'applicazione delle neuroscienze all'architettura.

Zeki, Semir. Uno dei principali pionieri negli studi sul cervello visivo. Attualmente insegna all'University College di Londra, ed è direttore del dipartimento Wellcome di Neurologia Cognitiva. Nel 1991 ha ricevuto il Prix Science pour l'Art.

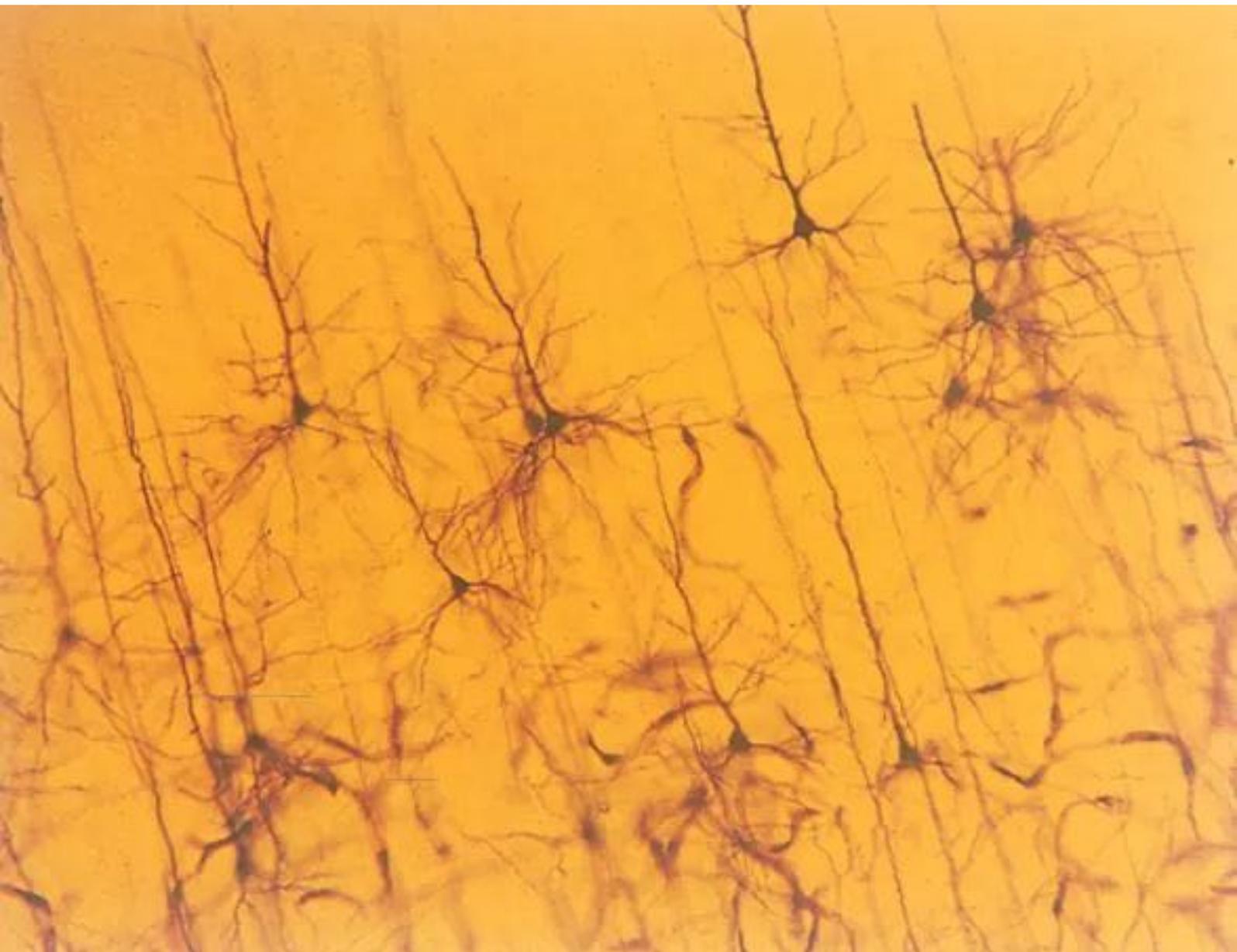


Figura 1. Neuroni impregnati con il colorante Golgi.

(Fonte: Hubel, 1988, p. 126.)

Ramón y Cajal scrisse: «Su uno sfondo giallo, di una trasparenza perfetta, appaiono sparsi filamenti neri, lisci e sottili o spinosi e spessi, corpi neri triangolari, stellati, fusiformi. Si direbbero disegni all'inchiostro di china sopra un foglio trasparente del Giappone. [...] Meravigliato l'occhio non può staccarsi da questa contemplazione! Il sogno tecnico è realtà! L'impregnazione metallica ha fatto questa dissezione fine, insperata. È il metodo di Golgi»²⁰.

²⁰ Alberto Oliverio, *Prima lezione di neuroscienze*, Roma-Bari, Editori Laterza, 2002, p. 8.

Elementi per la comprensione

Neuroscienze

Le neuroscienze fanno parte delle *scienze cognitive* ossia «l'insieme delle discipline (intelligenza artificiale, psicologia cognitiva, linguistica, psicolinguistica, filosofia della mente e del linguaggio, neuroscienze, antropologia), che hanno per oggetto lo studio dei processi cognitivi umani e artificiali»²¹. Quando si parla di funzioni cognitive si fa riferimento alla «capacità di un qualsiasi sistema, naturale o artificiale, di conoscere e di comunicare a se stesso e agli altri ciò che conosce»²². Le neuroscienze sono una «disciplina ibrida, che spazia dagli studi di neurobiologia molecolare a quelli sulla struttura e funzione dei neuroni del sistema nervoso, sino alla psicobiologia, e alla neuropsicologia, che si spinge in campo clinico»²³. Con altre parole:

Insieme delle discipline che studiano le basi biologiche della mente e del comportamento, analizzando in particolare i vari aspetti morfofunzionali del sistema nervoso. Le funzioni mentali e psichiche che vengono analizzate dalle neuroscienze sono l'attenzione, la sensazione, la percezione, il sonno, la memoria, l'apprendimento, le emozioni, ecc.²⁴

Dagli anni Cinquanta del Novecento le neuroscienze hanno visto una crescita esponenziale, soprattutto grazie al parallelo sviluppo di metodiche, tecnologie e strumenti di analisi derivanti dalla fisica e dalla chimica²⁵.

Eric Kandel, nonagenario psichiatra e neuroscienziato statunitense, vincitore del premio Nobel²⁶, è il principale curatore del volume *Principi di Neuroscienze*:

²¹ Treccani, *Scienza cognitiva* <<https://www.treccani.it/enciclopedia/scienza-cognitiva/>>, in <https://www.treccani.it>.

²² Elisabetta Canepa, *Neurocosmi. La dimensione atmosferica tra architettura e neuroscienze*, Tesi di dottorato in Architettura e Design XXX Ciclo, Scuola Politecnica Università degli Studi di Genova, a.a. 2018-19, p. 202.

²³ Alberto Oliverio, *Prima lezione di neuroscienze*, Roma-Bari, Editori Laterza, 2002, p. 6.

²⁴ Treccani, *Neuroscienze* <https://www.treccani.it/enciclopedia/neuroscienze_%28Dizionario-di-Medicina%29/>, in <https://www.treccani.it>.

²⁵ Alberto Oliverio, *Prima lezione di neuroscienze*, Roma-Bari, Editori Laterza, 2002, p. 6.

²⁶ Nel 2000, Eric Richard Kandel insieme ai colleghi Paul Greengard e Arvid Carlsson, hanno ricevuto il premio Nobel per la medicina, assegnato per le loro scoperte sui segnali di trasduzione nel sistema nervoso.

Fonte: Elisabetta Canepa, *Neurocosmi. La dimensione atmosferica tra architettura e neuroscienze*, Tesi di dottorato in Architettura e Design XXX Ciclo, Scuola Politecnica Università degli Studi di Genova, a.a. 2018-19, p. 217.

«evolvendosi di edizione in edizione, è diventato riferimento mondiale per l'intero settore, testo sacro per numerose generazioni di studenti»²⁷. Nella Prefazione del volume gli autori illustrano lo scopo delle neuroscienze:

Il fine ultimo delle Neuroscienze è comprendere come il flusso di segnali elettrici attraverso i circuiti nervosi dia origine alla mente, vale a dire alla nostra capacità di avere percezioni, di muoverci, di pensare, di apprendere e di ricordare. Nonostante occorranza ancora alcuni decenni per raggiungere un tale livello di conoscenza, i neuroscienziati hanno compiuto importanti progressi nella comprensione dei meccanismi nervosi che stanno alla base del comportamento, che è la manifestazione esteriore del sistema nervoso dell'Uomo e degli altri organismi²⁸.

Il termine *neurosciences* — tradotto in italiano 'neuroscienze' — fu coniato nel 1962 da Frank Otto Schmitt, esperto microscopista elettronico e microchimico, il quale stava avviando un nuovo gruppo di ricerca internazionale, il *Neuroscience Research Program* (NRP), presso il Massachusetts Institute of Technology (MIT). Il proposito del NRP era di abbattere le barriere tra le diverse discipline che avevano in comune lo studio del sistema nervoso, per consentire un'integrazione tra dati e approcci diversi²⁹. Infatti, il termine 'neuroscienze' è recente, ma lo studio del cervello non lo è. Storicamente, gli scienziati che studiavano il sistema nervoso provenivano dalla medicina, dalla biologia, dalla psicologia, dalla fisica, dalla chimica e dalla matematica. Oggi invece le persone che sono coinvolte in un'indagine scientifica sul sistema nervoso sono considerati e si considerano neuroscienziati³⁰.

I neuroscienziati per lo studio del sistema nervoso hanno seguito due binari: l'*approccio olistico* e l'*approccio riduzionista*³¹. Il primo «privilegia lo studio delle funzioni mentali di individui umani e di animali da laboratorio integri, cercando di correlarne il comportamento alle proprietà sovraordinate di ampi sistemi di

²⁷ Elisabetta Canepa, *Neurocosmi. La dimensione atmosferica tra architettura e neuroscienze*, Tesi di dottorato in Architettura e Design XXX Ciclo, Scuola Politecnica Università degli Studi di Genova, a.a. 2018-19, pp. 217-218.

²⁸ Eric R. Kandel (a cura di), James H. Schwartz (a cura di), Thomas M. Jessell (a cura di), Stevan A. Siegelbaum (a cura di), A.J. Hudspeth (a cura di), *Principi di Neuroscienze*, quarta edizione italiana sulla quinta edizione inglese, Virgilio Perri (a cura di), Giuseppe Spidalieri (a cura di), Casa editrice Ambrosiana 2014, p. XXXIII.

²⁹ Treccani, *La seconda rivoluzione scientifica: scienze biologiche e medicina. Le neuroscienze e il Neuroscience Research Program* <<https://www.treccani.it/enciclopedia/neuroscienze/>>, in <https://www.treccani.it>.

³⁰ Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, *Neuroscienze. Esplorando il cervello*, quarta edizione, Milano, Edra 2016. p. 62.

³¹ Elisabetta Canepa, *Neurocosmi. La dimensione atmosferica tra architettura e neuroscienze*, Tesi di dottorato in Architettura e Design XXX Ciclo, Scuola Politecnica Università degli Studi di Genova, a.a. 2018-19, p. 224.

neuroni»³². Diversamente l'approccio riduzionista studia il sistema nervoso analizzando i suoi componenti elementari «esaminando una sola molecola, una sola cellula o un solo circuito per volta»³³. «Il comune oggetto di studio di questo approccio è rappresentato dalle proprietà di segnalazione delle cellule nervose e dalle modalità di comunicazione tra neuroni, al fine di determinare come si formino le reti neurali nel corso dello sviluppo e come si modifichino con l'esperienza»³⁴. Perciò alla base dell'approccio olistico c'è l'idea che l'intero sia qualcosa di più delle sue parti; diversamente l'approccio riduzionista sostiene che per comprendere l'intero sia necessario scomporre le sue parti, analizzare le componenti e scoprire come questi interagiscono tra di loro per comprendere l'intero.

L'approccio riduzionista ha organizzato l'indagine sul sistema nervoso seguendo un ordine gerarchico: dal macroscopico all'infinitamente piccolo. La dimensione dell'unità oggetto di studio definisce il *livello di analisi*. Questi livelli sono molecolare, cellulare, dei sistemi, comportamentale e cognitivo³⁵. In ordine di complessità crescente:

Neuroscienze molecolari.

Il cervello è stato denominato “il pezzo di materia più complesso dell'universo”. La materia cerebrale consiste di un'eccezionale varietà di molecole, molte delle quali sono specifiche del sistema nervoso. Queste diverse molecole svolgono molti ruoli differenti, cruciali per il funzionamento del cervello: messaggeri che permettono ai neuroni di comunicare tra loro, sentinelle che controllano che tipo di materiali possono entrare o uscire dal neurone, conduttori che orchestrano la crescita del neurone, archivisti di esperienze passate. Lo studio del cervello a questo livello più elementare viene chiamato neuroscienza molecolare³⁶.

³² Thomas D. Albright, Thomas M. Jessel, Eric R. Kandel & Michael I. Posner, *Neural Science: A Century of Progress and the Mysteries that Remain*, citato in Elisabetta Canepa, *Neurocosmi. La dimensione atmosferica tra architettura e neuroscienze*, Tesi di dottorato in Architettura e Design XXX Ciclo, Scuola Politecnica Università degli Studi di Genova, a.a. 2018-19, p. 224.

³³ Thomas D. Albright, Thomas M. Jessel, Eric R. Kandel & Michael I. Posner, *Neural Science: A Century of Progress and the Mysteries that Remain*, citato in Elisabetta Canepa, *Neurocosmi. La dimensione atmosferica tra architettura e neuroscienze*, Tesi di dottorato in Architettura e Design XXX Ciclo, Scuola Politecnica Università degli Studi di Genova, a.a. 2018-19, p. 224.

³⁴ Thomas D. Albright, Thomas M. Jessel, Eric R. Kandel & Michael I. Posner, *Neural Science: A Century of Progress and the Mysteries that Remain*, citato in Elisabetta Canepa, *Neurocosmi. La dimensione atmosferica tra architettura e neuroscienze*, Tesi di dottorato in Architettura e Design XXX Ciclo, Scuola Politecnica Università degli Studi di Genova, a.a. 2018-19, p. 224.

³⁵ Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, *Neuroscienze. Esplorando il cervello*, quarta edizione, Milano, Edra 2016. pp. 39-64.

³⁶ Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, *Neuroscienze. Esplorando il cervello*, quarta edizione, Milano, Edra 2016. pp. 64-65.

Neuroscienze cellulari.

Il livello di analisi successivo è costituito dalla neuroscienza cellulare, che focalizza l'attenzione sullo studio del modo in cui tutte queste molecole operano insieme per conferire al neurone le sue speciali proprietà. Tra le domande che vengono poste a questo livello vi sono: quanti tipi differenti di neuroni esistono, e in che cosa differisce la loro funzione? In che modo i neuroni influenzano altri neuroni? In che modo, durante lo sviluppo fetale, vengono creati i legami tra neuroni? In che modo i neuroni eseguono computazioni?³⁷

Neuroscienze dei sistemi.

Costellazioni di neuroni formano complessi circuiti che eseguono funzioni semplici: la visione, per esempio, o il movimento volontario. Perciò, possiamo parlare di “sistema visivo” e di “sistema motorio”, ciascuno dei quali possiede il suo distinto circuito nel cervello. A questo livello di analisi, chiamato neuroscienza dei sistemi, i neuroscienziati studiano come circuiti neurali differenti analizzano le informazioni sensoriali, come formano la percezione del mondo esterno, come prendono decisioni ed eseguono movimenti³⁸.

Neuroscienze comportamentali.

In che modo i sistemi neurali lavorano insieme per produrre comportamenti integrati? Per esempio, rappresentazioni mnemoniche diverse sono elaborate da circuiti cerebrali differenti? Dove agiscono, nel cervello, le droghe che “alterano la mente”, e qual è il normale contributo di questi sistemi alla regolazione dell'umore e del comportamento? Quali sistemi neurali spiegano i comportamenti legati al sesso? Dove si formano i sogni nel cervello e cosa rivelano? Questi problemi vengono studiati dalla neuroscienza comportamentale³⁹.

Neuroscienze cognitive.

Forse la sfida più grande delle neuroscienze riguarda la comprensione dei meccanismi neurali responsabili dei livelli più elevati dell'attività mentale umana, quali l'autocoscienza, le immagini mentali e il linguaggio. La ricerca a questo livello, chiamata neuroscienza cognitiva, studia in che modo l'attività del cervello crea la mente⁴⁰.

«Il cervello controlla tutto quello che facciamo, sia quando agiamo volontariamente sia quando compiamo un'azione senza esserne consapevoli: non c'è infatti atto, idea,

³⁷ Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, *Neuroscienze. Esplorando il cervello*, quarta edizione, Milano, Edra 2016. pp. 64-65.

³⁸ Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, *Neuroscienze. Esplorando il cervello*, quarta edizione, Milano, Edra 2016. pp. 64-65.

³⁹ Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, *Neuroscienze. Esplorando il cervello*, quarta edizione, Milano, Edra 2016. pp. 64-65.

⁴⁰ Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, *Neuroscienze. Esplorando il cervello*, quarta edizione, Milano, Edra 2016. pp. 64-65.

emozione che non abbia alla base l'attività delle cellule nervose»⁴¹. Tutto ciò che arriva dall'ambiente esterno come immagini, suoni e odori, sono determinati dall'attività delle cellule nervose⁴².

La pietra miliare della neuroscienza è la scoperta del neurone: «prima di essa le neuroscienze non erano unificate da un asse portante ed erano frammentate in diversi componenti»⁴³. Nel sistema nervoso sono presenti due tipi di cellule: i *neuroni* e la *glia*⁴⁴. Il neurone rappresenta l'unità funzionale e strutturale del cervello⁴⁵.

Il neurone fu scoperto intorno alla seconda metà del Ottocento. Prima dei progressi tecnici studiare le cellule cerebrali non era possibile⁴⁶. Quando fu possibile superare le difficoltà tecnologiche, venne introdotto un nuovo campo di ricerche, l'*istologia* — studio tramite microscopia della struttura dei tessuti⁴⁷. Tuttavia, la pigmentazione omogenea del tessuto cerebrale impediva agli istologi di analizzare individualmente le cellule. La soluzione arrivò con Camillo Golgi, istologo, il quale nel 1873 scoprì la tecnica nota come *reazione nera*⁴⁸. Si trattava di un colorante con una soluzione di

⁴¹ Giacomo Rizzolatti, Lisa Voza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 16.

⁴² Giacomo Rizzolatti, Lisa Voza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 16.

⁴³ Alberto Oliverio, *Prima lezione di neuroscienze*, Roma-Bari, Editori Laterza, 2002, p. 6.

⁴⁴ Per una spiegazione più approfondita si rimanda al Glossario (nello specifico: *Cellule della glia*).

⁴⁵ Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, *Neuroscienze. Esplorando il cervello*, quarta edizione, Milano, Edra 2016. p. 39.

⁴⁶ Infatti le cellule cerebrali non possono essere osservate ad occhio nudo (diametro compreso tra 0,01 e 0,05 mm), che ha reso difficile studiarle prima dell'introduzione del microscopio composto (fine del diciassettesimo secolo). Oltretutto, per osservare le cellule cerebrali, è necessario ottenere delle fettine sottili di tessuto cerebrale, non possibile prima dello sviluppo dei metodi per tagliare a fettine gli organi e fissare i tessuti; inoltre, un'ulteriore complicazione era data dalla consistenza gelatinosa del tessuto cerebrale che rendeva più difficile il taglio.

Fonte: Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, *Neuroscienze. Esplorando il cervello*, quarta edizione, Milano, Edra 2016. pp. 81-82.

⁴⁷ Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, *Neuroscienze. Esplorando il cervello*, quarta edizione, Milano, Edra 2016. pp. 88-89.

⁴⁸ Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, *Neuroscienze. Esplorando il cervello*, quarta edizione, Milano, Edra 2016. pp. 88-89.

cromato d'argento. Impregnando i tessuti cerebrali con la reazione nera fu finalmente possibile distinguere tutti i dettagli della cellula nervosa⁴⁹.

Golgi scoprì la reazione nera, ma fu il collega contemporaneo Ramón y Cajal che aprì la strada alla moderna conoscenza dei neuroni: Cajal, utilizzando la tecnica istologia di Golgi, scoprì che le cellule nervose hanno una loro autonomia anatomico-funzionale. La conferma arrivò negli anni Cinquanta del Ventesimo secolo. Viene ricordata come la *teoria del neurone*⁵⁰.

Il lavoro di Cajal è raccontato dal The New York Times — *Hunched Over a Microscope, He Sketched the Secrets of How the Brain Works* ('Chino su un microscopio, ha disegnato i segreti di come funziona il cervello'):

Un uomo chino su un microscopio in Spagna all'inizio del XX secolo faceva ipotesi preveggenti sul funzionamento del cervello. All'epoca, William James stava ancora sviluppando la psicologia come scienza e Sir Charles Scott Sherrington stava definendo il nostro sistema nervoso integrato. [...] Santiago Ramón y Cajal, artista, fotografo, medico, culturista, scienziato, giocatore di scacchi ed editore. È stato anche il padre delle moderne neuroscienze⁵¹.

⁴⁹ Prima della tecnica di Golgi veniva utilizzato il colorante di Nissl (prende il nome dal neurologo Franz Nissl); la colorazione di Nissl permetteva di distinguere le cellule nervose ('neuroni') dalle cellule gliali ('glia') e studiare la disposizione dei neuroni nelle diverse parti del cervello, ma non permetteva di discriminare sufficientemente le cellule; si trattava di una colorazione poco selettiva.

Fonte: Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, *Neuroscienze. Esplorando il cervello*, quarta edizione, Milano, Edra 2016. p. 82-88.

⁵⁰ Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, *Neuroscienze. Esplorando il cervello*, quarta edizione, Milano, Edra 2016. pp. 88-89.

⁵¹ Joanna Klein, *Hunched Over a Microscope, He Sketched the Secrets of How the Brain Works* <<https://www.nytimes.com/2017/02/17/science/santiago-ramon-y-cajal-beautiful-brain.html>>, articolo in <https://www.nytimes.com>, 17/02/2017.

Oggi sappiamo che i neuroni hanno forme molto variabili ma con caratteristiche comuni (tranne rare eccezioni). Sono formati da un corpo centrale – o *soma* – in cui è collocato il DNA della cellula, e da due estensioni: i *dendriti* ricevono le informazioni dalle altre cellule nervose, e gli *assoni*, che occupano di mandare i segnali, chiamati *potenziali d'azione*⁵². Terminato lo sviluppo «i neuroni hanno formano una fitta rete in cui ogni secondo si scambiano un numero enorme di messaggi»⁵³. I segnali che i neuroni si scambiano, indipendentemente dallo stimolo di origine, sono sempre dello stesso tipo⁵⁴. La comunicazione tra un neurone all'altro può avvenire tramite la mediazione di *neurotrasmettitori* — molecole rilasciate quando il potenziale d'azione raggiunge le *sinapsi* (estremità della fibra nervosa; sono i punti di connessione tra i neuroni; possiamo pensarli «luoghi di cambiamento» perché è nelle sinapsi che avviene lo scambio di informazioni) oppure direttamente, tramite *trasmissione elettrica*⁵⁵. Dato che gli impulsi nervosi sono tutti uguali, il nostro cervello, per distinguere tra stimoli di natura diversa, usa vie nervose differenti: «a ogni funzione (per esempio la visione o l'udito) corrisponde quindi una serie di circuiti, o *sistemi*, lungo i quali viaggiano impulsi generati dagli stimoli corrispondenti (per esempio visivi o uditivi)»⁵⁶. I neuroni e i suoi collegamenti costituiscono il *sistema nervoso*.

Il cervello

Mente e corpo non sono entità separate. La “mente” è una serie di operazioni eseguite dal cervello⁵⁷. Le attività cerebrali comprendono sia comportamenti motori relativamente semplici, ad esempio camminare o mangiare, sia «tutte le complesse

⁵² Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 16.

⁵³ Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 17.

⁵⁴ Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 17.

⁵⁵ Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 18.

⁵⁶ Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 18.

⁵⁷ Eric R. Kandel (a cura di), James H. Schwartz (a cura di), Thomas M. Jessell (a cura di), Stevan A. Siegelbaum (a cura di), A.J. Hudspeth (a cura di), *Principi di Neuroscienze*, quarta edizione italiana sulla quinta edizione inglese, Virgilio Perri (a cura di), Giuseppe Spidalieri (a cura di), Casa editrice Ambrosiana 2014, p. 7.

attività cognitive che noi tendiamo a mettere in relazione con comportamenti essenzialmente umani, come il pensare, il parlare e, al limite, il creare un'opera d'arte»⁵⁸. Ai fini della comprensione degli argomenti che verranno trattati in questa tesi è importante capire alcuni aspetti del cervello umano.

Il cervello possiede regioni funzionalmente distinte. Ma queste regioni non lavorano separatamente: competono e cooperano, dando i loro contributi specializzati a una serie di funzioni cognitive⁵⁹. «Il più piccolo stimolo o idea provoca una serie di attività in molte aree cerebrali. Il cervello inoltre funziona come un sistema di operazioni neuronali multiple che lavorano in parallelo o in serie in luoghi diversi⁶⁰».

Il cervello è l'organo più importante, nonché il più grande, del sistema nervoso. Dal punto di vista anatomico si distingue tra *sistema nervoso centrale* (SNC) e *sistema nervoso periferico* (SNP). L'SNC comprende il cervello (o encefalo), contenuto nella scatola cranica, e il midollo spinale, contenuto nel canale vertebrale; l'SNP comprende tutti i nervi e i neuroni che giacciono al di fuori del cervello e del midollo spinale⁶¹, include i nervi, i gangli e i recettori che si trovano nella cute e nei visceri⁶². «Il sistema nervoso centrale riceve gli stimoli dal mondo esterno grazie all'attività del sistema nervoso periferico, il quale è a sua volta in parte controllato da sistema nervoso centrale»⁶³.

⁵⁸ Eric R. Kandel (a cura di), James H. Schwartz (a cura di), Thomas M. Jessell (a cura di), Stevan A. Siegelbaum (a cura di), A.J. Hudspeth (a cura di), *Principi di Neuroscienze*, quarta edizione italiana sulla quinta edizione inglese, Virgilio Perri (a cura di), Giuseppe Spidalieri (a cura di), Casa editrice Ambrosiana 2014, p. 9.

⁵⁹ Juhani Pallasmaa, Harry Francis Mallgrave, Michael Arbib, *Architecture and Neuroscience*, Finlandia, Tapio Wirkkala Rut Bryk Foundation 2013, p. 45.

⁶⁰ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 44.

⁶¹ Dale Purves, Roberto Cabeza, Scott A. Huettel, Kevin S. LaBar, Michael L. Platt, Marty G. Woldorff, *Neuroscienze cognitive*, seconda edizione, Zanichelli 2015, p. 16 del Glossario. Per una spiegazione più approfondita si rimanda al Glossario (nello specifico: *Sistema nervoso*).

⁶² Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 19.

⁶³ Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 19.

Le strutture principali del cervello sono il *corpo calloso*, il *bulbo*, il *ponte*, il *cervelletto*, il *mesencefalo*, il *diencefalo* e gli *emisferi cerebrali*⁶⁴. Tuttavia convenzionalmente il cervello viene suddiviso in tre aree principali: *tronco cerebrale*, *sistema limbico* e *corteccia*⁶⁵.

Il tronco dell'encefalo si forma in continuità del midollo spinale; comprende il bulbo, il ponte e il mesencefalo. Nello specifico:

Riceve le informazioni sensitive che provengono dalla cute e dai muscoli del capo e provvede al controllo dei muscoli della testa. Nel tronco decorrono anche informazioni che provengono dal midollo spinale e proiettano al cervello e viceversa. Il tronco è anche deputato alla regolazione del livello di allerta e di consapevolezza attraverso le strutture della formazione reticolare. Il tronco dell'encefalo contiene anche numerosi raggruppamenti di cellule nervose che costituiscono i nuclei dei nervi cranici. Alcuni di questi nuclei ricevono informazioni dalla cute e dai muscoli del capo; altri provvedono al controllo motorio dei muscoli della faccia, del collo e degli occhi; altri ancora sono specializzati per l'analisi delle informazioni che provengono da tre organi di senso speciale: l'udito, il senso dell'equilibrio e il gusto⁶⁶.

Quando si parla di sistema limbico ci si riferisce a due insiemi di moduli specializzati (ogni emisfero ne ha uno) che si trovano a cavallo del tronco dell'encefalo⁶⁷. Ciascun sistema limbico presenta il talamo, l'ipotalamo, l'ippocampo, l'amigdala e la corteccia olfattiva. Svolgono numerose funzioni, «dal tenere traccia dei circuiti di memoria e dei codici di navigazione al distribuire segnali e sostanze chimiche tra le diverse aree del cervello»⁶⁸.

⁶⁴ Eric R. Kandel (a cura di), James H. Schwartz (a cura di), Thomas M. Jessell (a cura di), Stevan A. Siegelbaum (a cura di), A.J. Hudspeth (a cura di), *Principi di Neuroscienze*, quarta edizione italiana sulla quinta edizione inglese, Virgilio Perri (a cura di), Giuseppe Spidalieri (a cura di), Casa editrice Ambrosiana 2014, p. 9.

Per una spiegazione più approfondita si rimanda al Glossario (nello specifico: *midollo spinale*, *bulbo*, *ponte*, *cervelletto*, *mesencefalo*, *diencefalo*, *emisfero cerebrale*).

⁶⁵ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 45.

⁶⁶ Eric R. Kandel (a cura di), James H. Schwartz (a cura di), Thomas M. Jessell (a cura di), Stevan A. Siegelbaum (a cura di), A.J. Hudspeth (a cura di), *Principi di Neuroscienze*, quarta edizione italiana sulla quinta edizione inglese, Virgilio Perri (a cura di), Giuseppe Spidalieri (a cura di), Casa editrice Ambrosiana 2014.

⁶⁷ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 46.

⁶⁸ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 46.

La corteccia cerebrale — «lo strato esterno ricco di circonvoluzioni del cervello»⁶⁹ — «è ritenuta la regione più importante per la cognizione di ordine superiore e per la coscienza»⁷⁰. È una membrana sottile, composta da sei strati di cellule cerebrali, nota come *materia grigia* che avvolge le altre componenti del cervello. «I suoi neuroni comunicano attraverso percorsi neuronali mielinizzati, gli assoni — la cosiddetta *materia bianca* — che riempiono l'area tra il mantello cerebrale e i moduli limbici e il tronco encefalico»⁷¹. La corteccia cerebrale è funzionalmente divisa in quattro lobi: *frontale, temporale, parietale e occipitale*. I lobi posteriori (occipitale, parietale e temporale), si occupano principalmente dell'elaborazione sensoriale. Il lobo occipitale si occupa dell'elaborazione visiva; il lobo temporale presenta la corteccia uditiva, governa le emozioni, certi aspetti della percezione visiva e i principali centri di comprensione del linguaggio; il lobo parietale in parte si occupa dell'elaborazione spaziale, invece, la porzione anteriore del lobo parietale, la corteccia somatosensoriale⁷², è sede consapevole di tutte le nostre sensazioni corporee⁷³. Il lobo frontale ospita (nella porzione più posteriore del lobo) la corteccia motoria, deputata

⁶⁹ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrieri, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. 34.

⁷⁰ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrieri, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. 34.

⁷¹ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 47.

⁷² Area del cervello impegnata nell'elaborare informazioni provenienti dagli organi di senso. Il sistema somatosensoriale (o somatosensitivo o somestesico) «fa sì che il nostro corpo percepisca il dolore, il caldo e il freddo, permettendo anche il controllo di tutte le sue parti». È sensibile a vari tipi di stimoli, ad esempio, «la pressione di un oggetto contro la pelle, la posizione delle articolazioni e dei muscoli, la distensione della vescica e la temperatura degli arti e del cervello stesso». I recettori del sistema somatosensoriale sono distribuiti in tutto il corpo e «risponde a molti e diversi tipi di stimoli, possiamo immaginarlo come un gruppo di almeno quattro sensazioni, piuttosto che una singola: il tatto, la temperatura, la posizione del corpo e il dolore». «Il termine sistema somatosensitivo è una generalizzazione, una categoria per tutte le sensazioni che *non* comprendono la vista, l'udito, il gusto, l'odorato e la percezione vestibolare dell'equilibrio».

Fonte: Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, *Neuroscienze. Esplorando il cervello*, quarta edizione, Milano, Edra 2016. pp. 817-818.

⁷³ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, pp. 47-48.

per i movimenti coscienti⁷⁴; ma il lobo frontale è anche connesso ad aspetti della mente e del comportamento umano, come il senso morale, la saggezza, l'ambizione⁷⁵.

Sistema visivo e non solo

Il sistema visivo è fondamentale quando osserviamo. Siamo costantemente circondati da stimoli visivi. Ma come sono generate le nostre esperienze visive dal cervello?

«L'informazione visiva inizia come luce riflessa. Le lunghezze d'onda della luce [...] vengono rifratte dalla cornea dell'occhio e proiettate sulla retina. L'immagine retinica risultante è essenzialmente un pattern di luce che cambia di intensità e lunghezza d'onda nello spazio e nel tempo»⁷⁶. Così all'interno dei bulbi oculari si presentano due piccole immagini bidimensionali capovolte e distorte.

Le cellule della retina, chiamate *fotorecettori*, sono divise in due categorie: *bastoncelli* e *coni*. I bastoncelli sono sensibili all'intensità della luce e si occupano della visione in bianco e nero. I coni comunicano l'informazione sul colore e sui dettagli. Inoltre, i coni sono di tre tipi, ognuno risponde a lunghezze d'onda diverse⁷⁷.

Continuando il percorso del sistema visivo:

Gli stimoli registrati sui nervi della retina di entrambi gli occhi passano lungo il nervo ottico fino ad arrivare al chiasma, dove i segnali si biforcano nei due emisferi del cervello. Dopo aver ricevuto qualche elaborazione preliminare in un'area del talamo (un modulo limbico), i segnali continuano il loro cammino all'indietro verso i due lobi occipitali, dove arrivano all'area primaria della corteccia visiva, designata come V1⁷⁸.

Quando gli stimoli visivi raggiungono la corteccia visiva primaria sono suddivisi in categorie come linee, forme, colori e movimento. L'informazione visiva è quindi relativamente semplice ed è solo parzialmente elaborata per quanto riguarda *cosa* le

⁷⁴ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 48.

⁷⁵ Vilayanur S. Ramachandran, *Che cosa sappiamo della mente. Gli ultimi progressi delle neuroscienze raccontati dal massimo esperto mondiale*, trad. di Laura Serra, Milano, Mondadori, 2019.

⁷⁶ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrieri, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. 34.

⁷⁷ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrieri, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. 34-35.

⁷⁸ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, pp. 49-50.

cose siano e *dove* esse si trovino. Le componenti disassemblate vengono spedite lungo due *vie* neuronali di elaborazione sensoriale, chiamate la via del *cosa* e la via del *dove*.

La via del *cosa*, dal lobo occipitale, sale lateralmente fino ad arrivare a diverse regioni nella porzione inferiore del cervello — tra cui le aree note come V2, V3, V4 — e alla corteccia temporale inferiore (luogo in cui avviene l'elaborazione dei volti)⁷⁹. La via del *cosa*, chiamata anche la via *inferiore* per via della sua posizione nel cervello, è specializzata nell'elaborazione della forma di oggetti e volti, del loro colore, del loro riconoscimento, del loro movimento e della loro funzione⁸⁰. La via del *dove*, nota come via *superiore*, procede dal lobo occipitale in direzione di quello parietale al fine di elaborare differenze nel contrasto, nel movimento (area nota come V5) e nelle relazioni spaziali⁸¹. «L'immagine visiva che leggiamo come un intero è stata di fatto smontata in una serie di componenti elementari e non c'è luogo in cui venga mai rimontata»⁸². Kandel, citando Zeki, scrive: «V1, in breve, si comporta proprio come un ufficio postale, smistando segnali diversi verso destinazioni differenti; è uno stadio fondamentale, anche se non il primo, di un elaborato macchinario progettato per estrarre l'informazione essenziale dal mondo visivo»⁸³.

In sostanza,

Le stazioni di elaborazione corticali costituiscono i siti preliminari della percezione, e la nostra "realtà", per così dire, è costituita da una serie di microcoscienze per cui diverse aree elaborano il loro materiale in maniera quasi simultanea, ma a una velocità diversa — il colore, per esempio, è percepito prima della forma o del movimento.

Il lavoro svolto in queste aree di elaborazione visiva è altamente specializzato. Neuronni selettivi per il colore, per esempio, si attiveranno solo in risposta a determinati colori o a colori su uno sfondo specifico, e ignoreranno gli altri. Alcuni neuroni che elaborano le linee leggeranno solo quelle verticali, mentre gli altri si attiveranno nel caso di linee orizzontali o diagonali. Una ripartizione dei compiti così netta e un simile grado di

⁷⁹ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrieri, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, pp. 36.

⁸⁰ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrieri, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, pp. 36.

⁸¹ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 51.

⁸² Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 49.

⁸³ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrieri, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, pp. 35-36.

specializzazione fanno pensare che il cervello possa avere una preferenza neurologica per forme o linee specifiche, anche se non c'è ancora alcun dato a sostegno di questa ipotesi⁸⁴.

La separazione tra le due vie è una semplificazione, infatti entrambe, lavorano in parallelo, ma sono collegate tra di loro. Ovviamente abbiamo bisogno di combinare l'informazione di cosa sia un oggetto e dove esso sia nello spazio.

Anche i segnali tattili e uditivi seguono un meccanismo simile:

La corteccia uditiva, situata in entrambi i lobi temporali, consiste nelle aree primaria, secondaria e terziaria, e ciascuna di esse ha funzioni particolari. L'area primaria è organizzata tonotopicamente, con cellule che rispondono solo a certe frequenze, toni e volumi, mentre quelle dell'area secondaria lavorano all'elaborazione di schemi armonici, melodici e ritmici. Si ritiene che l'area terziaria integri gli schemi sonori, come si trovano nella musica, in un'esperienza unitaria. Le sensazioni tattili e le altre sensazioni corporee sono elaborate nell'area primaria e in quella secondaria della corteccia somatosensoriale, nella porzione anteriore del lobo parietale. Le aree all'interno di questa corteccia — che codificano cose come tatto, temperatura, propriocezione, dolore, attività dei muscoli e degli organi — sono in realtà suddivise in sotto aree focalizzate solo su specifiche parti del corpo, come le mani il viso e i piedi⁸⁵.

È importante ricordare che nelle regioni sensoriali del cervello, le aree sono altamente specializzate in quello che elaborano⁸⁶.

«Facciamo, ovviamente, esperienza dell'arte e dell'architettura attraverso i nostri sensi, e il modo in cui il cervello elabora le varie modalità sensoriali ci dice molto anche sull'esperienza»⁸⁷. Tuttavia l'elaborazione sensoriale è solo una parte dell'esperienza. «Osservare il mondo è qualcosa di più complesso della semplice attivazione del cervello visivo. La visione è multimodale; essa comprende l'attivazione di circuiti cerebrali motori, somatosensoriali e collegati con le emozioni»⁸⁸.

Qualunque relazione intenzionale che possiamo intrattenere con il mondo esterno ha una natura intrinsecamente pragmatica: da qui la ragione per la quale essa possiede sempre un contenuto motorio. Più di cinquant'anni di ricerca hanno dimostrato che i neuroni motori

⁸⁴ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 50-51.

⁸⁵ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, pp. 51-52.

⁸⁶ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 52.

⁸⁷ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 49.

⁸⁸ Vittorio Gallese, Alessandro Gattara, *Simulazione incarnata, estetica e architettura: un approccio estetico sperimentale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, traduzione e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 163.

rispondono anche agli stimoli visivi, tattili e uditivi. Gli stessi circuiti motori che controllano il comportamento motorio degli individui mappano anche gli spazi intorno ad essi, gli oggetti a portata di mano nello stesso spazio, definendo e dando forma così in termini motori al loro contenuto rappresentativo. Lo spazio attorno a noi è definito dalle potenzialità motorie del nostro corpo. I neuroni premotori, controllando i movimenti dell'avambraccio, rispondono anche agli stimoli tattili esercitati su di esso, agli stimoli visivi attivati all'interno dello spazio peripersonale del braccio o anche agli stimoli uditivi che giungono dallo stesso spazio peripersonale. Gli oggetti manipolabili a cui guardiamo vengono classificati dal cervello motorio come obiettivi potenziali delle interazioni che potremmo stabilire con loro. "I neuroni canonici" premotori e parietali controllano la prensilità e la manipolazione degli oggetti e rispondono anche alla loro semplice osservazione. Infine, i neuroni specchio – i neuroni motori che vengono attivati durante l'esecuzione di un'azione o dall'osservazione di un'azione compiuta da qualcun altro – mappano l'azione degli altri sulla rappresentazione motoria di colui che osserva la stessa azione⁸⁹.

Principali tecniche per lo studio del cervello

Gli scienziati oggi hanno la possibilità di poter confermare le loro congetture analizzando il cervello in maniera diretta ed empirica. Infatti, gli ultimi due decenni hanno visto un notevole potenziamento di tecniche per lo studio del sistema nervoso, soprattutto delle tecniche di visualizzazione cerebrale. Queste tecniche ci permettono di rilevare cambiamenti nell'attività della nostra corteccia in tempo reale e rispondono a domande sulle funzioni cerebrali umane. «Grazie a questa nuova comprensione microbiologica dei sistemi neurologici stiamo cominciando a creare modelli assai raffinati e rivoluzionari non solo di come il cervello funziona ma più specificamente di come ingaggia percettivamente il mondo»⁹⁰.

Uno dei metodi per registrare lo stimolo o l'azione sull'attività neuronale e tramite gli elettrodi: «elementi conduttori usati per stabilire un contatto con la parte elettricamente attiva di un circuito»⁹¹. Esistono due metodologie, uno è il metodo a *macroelettrodi* e uno a *microelettrodi*. Il primo, usato all'inizio del secolo scorso, è composto da piccole placche di metallo o da batuffoli di cotone imbevuti di una sostanza che conduce elettricità. I macroelettrodi ci permettono di registrare un'area corticale, quindi l'attività di gruppi neuronali. Nonostante sia una tecnologia a bassa

⁸⁹ Vittorio Gallese, Alessandro Gattara, *Simulazione incarnata, estetica e architettura: un approccio estetico sperimentale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, traduzione e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, pp. 163-164.

⁹⁰ Harry Francis Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di Alessandro Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 174.

⁹¹ Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 20.

risoluzione (le aree individuate includono milioni di neuroni), permette di avere una visione globale dell'attività cerebrale in modo non invasivo e indolore. Oggi questa tecnologia è chiamata elettroencefalografia (la rappresentazione grafica è chiamata elettroencefalogramma — EEG)⁹². Il secondo, a microelettrodi, risale alla metà del Novecento. Questa tecnologia prevede aghi che vengono inseriti all'interno del sistema nervoso. Permette di registrare l'attività di singoli neuroni. È una procedura invasiva che viene principalmente effettuata sugli animali di laboratorio⁹³.

Strumento importante per le scienze cognitive sono le tecniche di *neurovisualizzazione* — in inglese *neuroimaging* — che consentono di produrre immagini del cervello in vivo. Si distinguono due metodi: la *neurovisualizzazione strutturale* che elabora una fotografia del cervello (tra le tecniche della neurovisualizzazione strutturale si ricorda la tomografia computerizzata — TC e la risonanza magnetica — RM) o la *neurovisualizzazione funzionale* (le più importanti: *tomografia a emissioni di positroni* — PET e la *risonanza magnetica funzionale* — fMRI) che permette di vedere in tre dimensioni e con un'alta definizione spaziale cosa succede all'interno del cervello in determinate condizioni⁹⁴. La neurovisualizzazione strutturale è valida per osservare i cambiamenti strutturali nel cervello in vivo, ma per studiare l'attività chimica e elettrica sono necessarie le tecniche di visualizzazione funzionale. La PET (*positron emission tomography*), sviluppata negli anni Settanta del Novecento «permette di misurare l'attività metabolica del cervello, producendo una mappa cerebrale di tale attività»⁹⁵. Si tratta di un metodo di visualizzazione cerebrale non invasivo e indolore «basato sulle dinamiche ematiche che utilizza molecole marcate radioattivamente iniettate nel flusso sanguigno assorbite a maggiori livelli dai neuroni attivi»⁹⁶. Il risultato è un'immagine del pattern dell'attività cerebrale⁹⁷. La PET è una tecnologia costosa, inoltre per poterla utilizzare per scopi scientifici, è necessario

⁹² Laura Mandolesi, *Neuroscienze dell'attività motoria. Verso un sistema cognitivo-motorio*, Milano, Springer - Verlag 2012, p. 13-14.

⁹³ Giacomo Rizzolatti, Lisa Voza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, pp. 20-23.

⁹⁴ Laura Mandolesi, *Neuroscienze dell'attività motoria. Verso un sistema cognitivo-motorio*, Milano, Springer - Verlag 2012, p. 15.

⁹⁵ Giacomo Rizzolatti, Lisa Voza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 46.

⁹⁶ Dale Purves, Roberto Cabeza, Scott A. Huettel, Kevin S. LaBar, Michael L. Platt, Marty G. Woldorff, *Neuroscienze cognitive*, seconda edizione, Zanichelli 2015, p. 18 del Glossario.

⁹⁷ Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, *Neuroscienze. Esplorando il cervello*, quarta edizione, Milano, Edra 2016, p. 404.

ottenere una speciale autorizzazione per poter iniettare materiale radioattivo nei soggetti⁹⁸. L'fMRI, acronimo di functional magnetic resonance imaging, è un metodo non invasivo, indolore, sofisticato, che permette di ottenere rapide scansioni e buona risoluzione spaziale. Utilizzato per «visualizzare l'attività cerebrale che utilizza sequenze di impulsi generati da uno scanner MRI⁹⁹; il segnale misurato è causato dalle variazioni di ossigenazione del sangue e del flusso sanguigno basate sull'emoglobina indotte dall'attività neurale locale»¹⁰⁰.

Le tecniche sopra menzionate richiedono il coinvolgimento di apparecchiature costose e difficili da utilizzare, adatte per determinate situazioni e contesti, ma per altri studi risulterebbero apparecchiature non pratiche. Nel contempo, lo sviluppo di soluzioni alternative più maneggevoli e confortevoli sta procedendo. Un esempio è la MEG, acronimo di magnetoencefalografia, «tecnica diagnostica medica non invasiva per la registrazione dell'attività elettrica del cervello»¹⁰¹; «portatile e indossabile come un casco, che concede la libertà di muoversi in maniera spontanea durante la scansione»¹⁰². «Con questa neonata tecnologia si è sbloccata la flessibilità motoria: permane, tuttora, l'urgenza di risolvere la sensazione di soggezione fisica dovuta alla presenza di una maschera rigida che avvolge per intero la testa, lasciando scoperti solo occhi, orecchie e bocca»¹⁰³.

⁹⁸ Giacomo Rizzolatti, Lisa Voza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 49.

⁹⁹ «Visualizzazione mediante risonanza magnetica (MRI, *magnetic resonance imaging*). Un metodo di visualizzazione non invasivo basato sul comportamento dei nuclei atomici (in particolare, l'idrogeno) entro un forte campo magnetico; fornisce un contrasto eccellente dei tessuti molli dell'anatomia cerebrale e può anche essere utilizzato per misurare l'attività funzionale cerebrale in modo non invasivo».

Rif. Dale Purves, Roberto Cabeza, Scott A. Huettel, Kevin S. LaBar, Michael L. Platt, Marty G. Woldorff, *Neuroscienze cognitive*, seconda edizione, Zanichelli 2015, p. 19 del Glossario.

¹⁰⁰ Dale Purves, Roberto Cabeza, Scott A. Huettel, Kevin S. LaBar, Michael L. Platt, Marty G. Woldorff, *Neuroscienze cognitive*, seconda edizione, Zanichelli 2015, p. 19 del Glossario.

¹⁰¹ Treccani, *MEG (magnetoencefalografia)* <https://www.treccani.it/enciclopedia/meg_%28Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica%29/>, in <https://www.treccani.it>.

¹⁰² Elisabetta Canepa, *Neurocosmi. La dimensione atmosferica tra architettura e neuroscienze*, Tesi di dottorato in Architettura e Design XXX Ciclo, Scuola Politecnica Università degli Studi di Genova, a.a. 2018-19, p. 223.

¹⁰³ Elisabetta Canepa, *Neurocosmi. La dimensione atmosferica tra architettura e neuroscienze*, Tesi di dottorato in Architettura e Design XXX Ciclo, Scuola Politecnica Università degli Studi di Genova, a.a. 2018-19, p. 223.

Dialogo tra architetti e scienziati

La vita si sviluppa in un ambiente; non solo in esso, ma a causa sua, interagendo con esso. Nessuna creatura vive solo sotto la propria pelle; i suoi organi sottocutanei sono mezzi per connetterci con ciò che si trova al di là della sua cornice corporea, e a cui per vivere essa si deve conformare, adattandosi e difendendosi ma anche conquistandolo. John Dewey, *Arte come esperienza*, 2007.

Sarah Robinson segnala un passaggio molto interessante del filosofo Joseph Joubert: «sarebbe utile verificare se le forme che un uccello, che non ha mai visto nidi, dà al suo nido non abbiano qualche analogia con la sua costituzione interna»¹⁰⁴. Robinson, riflettendo su questa osservazione, si chiede se questa non sia la chiave per comprendere cosa manchi ai nostri ambienti costruiti. «I nostri edifici non si adattano a noi perché sono tagliati su misura per una porzione infinitesimale della nostra umanità»¹⁰⁵. Anche Harry Francis Mallgrave ci invita a riflettere sulla mancanza di preoccupazione per noi stessi nel pensiero architettonico contemporaneo: «siamo organismi in evoluzione, che crescono in un contesto ambientale, e che la qualità di questi contesti ambientali ha un forte impatto sul nostro sviluppo cognitivo e biologico in un tempo relativamente breve»¹⁰⁶.

Sembra che vi sia un crescente consenso sul fatto che le scoperte in ambito biologico e psicologico possano essere usate anche per migliorare gli ambienti in cui viviamo, non con l'intenzione di scavalcare gli studi umanistici, piuttosto con l'intenzione di affiancarsi per portare un punto di vista e un approccio metodologico differente. È importante tenere presente che queste scienze umane non stanno rivelando la semplicità della natura umana, ma la grande complessità e mutevolezza dell'organismo umano. «Le nuove teorie interdisciplinari non ci diranno mai di

¹⁰⁴ Sarah Robinson, *Nesting. Fare il nido. Corpo, dimora, mente*, Safarà editore, 2014, p.30.

¹⁰⁵ Sarah Robinson, *Nesting. Fare il nido. Corpo, dimora, mente*, Safarà editore, 2014, p.30.

¹⁰⁶ Harry Francis Mallgrave, "Conosci te stesso": ovvero quello che i progettisti possono imparare dalle scienze biologiche contemporanee, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, traduzione e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 26.

dipingere tutte le nostre pareti di verde. Ciò che la scienza può fare è mostrarci un ritratto di chi siamo come esseri umani e dove potremmo andare in senso evolutivo»¹⁰⁷.

Soprattutto due affermazioni stanno animando il dialogo tra neuroscienziati e architetti. Primo, il contatto iniziale con gli ambienti è preriflessivo e significativo. Si tratta di un giudizio immediato, una prima impressione, e in quel momento il corpo riceve stimoli sensoriali a cui risponde emotivamente. Secondo, vivere gli ambienti costruiti è un'esperienza emotiva e cinestesica, ipotesi che nasce dalla scoperta dei meccanismi specchio.

Sensi

Nella cultura architettonica occidentale la vista occupa un posto di rilievo rispetto agli altri sensi. L'architettura è concepita in termini visivi. L'udito, l'olfatto, il tatto, come anche il corpo, sono spesso trascurati. Richard Neutra in *Progettare per sopravvivere* scrive:

L'occhio umano è molto più evoluto e messo a fuoco dell'orecchio. Il suo influsso sulla coscienza sembra più forte di quello di ogni altro ricettore sensoriale. Alcuni di questi, per esempio l'olfatto, forse non sono soltanto fermi a un livello inferiore, ma nettamente regrediti e atrofizzati in confronto alla corrispondente attrezzatura di certi animali.

Eppure dobbiamo guardarci dall'idea che soltanto le percezioni sensoriali facilmente e consapevolmente registrate contino davvero. Si potrebbe dire che gli influssi ambientali vengano solo di rado ammessi alla coscienza, ma possano diventare particolarmente dannosi quando manca la coscienza per correggerli o controbatterli. Dovremmo quindi interessarci a tutti gli aspetti non visivi dell'ambiente e del disegno architettonico anche se di solito non occupano il primo piano della nostra attenzione¹⁰⁸.

Pallasmaa parla di *tradizione oculocentrica*: nel suo libro *The eyes of the Skin* esamina criticamente il ruolo della visione in relazione agli altri sensi nella comprensione e nella pratica dell'arte e dell'architettura. Oggi più che mai, l'occhio ha un ruolo predominante in tutti i campi della produzione culturale. «Il dominio dell'occhio e la soppressione degli altri sensi tendono a spingerci al distacco, all'isolamento e all'esteriorità»¹⁰⁹. Limita la nostra partecipazione con il mondo. Secondo Pallasmaa, la straordinaria velocità del progresso tecnologico e la proliferazione di immagini

¹⁰⁷ Juhani Pallasmaa, Harry Francis Mallgrave, Michael Arbib, *Architecture and Neuroscience*, Finlandia, Tapio Wirkkala Rut Bryk Foundation 2013, p. 26.

¹⁰⁸ Richard J. Neutra, *Progettare per sopravvivere*, Milano, Comunit, 1956, vedi in particolare i capitoli 20 e 21.

¹⁰⁹ Juhani Pallasmaa, *The Eyes of the Skin. Architecture and the Senses*, Gran Bretagna, Wiley-Academy, 2005, p. 19.

supportano il processo di oculocentrismo; «Il mondo diventa un viaggio visivo edonistico ma senza senso»¹¹⁰. «L'attuale produzione industriale di massa di immagini visive tende ad alienare la visione dal coinvolgimento emotivo e dall'identificazione, e a trasformare le immagini in un flusso ipnotizzante senza concentrazione o partecipazione»¹¹¹. Ciò non significa che per Pallasmaa lo sviluppo tecnologico sia un fattore negativo, anzi, suggerisce che le nuove tecnologie potrebbero aiutare a «riequilibrare i regni dei sensi»¹¹². Anche nell'architettura, soprattutto del nostro tempo, si sente il ruolo centrale della visione:

Il pregiudizio oculare non è mai stato così evidente nell'arte dell'architettura come negli ultimi 30 anni, in quanto ha predominato un tipo di architettura che mira a un'immagine visiva impressionante e memorabile. Invece di un'esperienza plastica e spaziale esistenzialmente fondata, l'architettura ha adottato la strategia psicologica della pubblicità e della persuasione istantanea; gli edifici si sono trasformati in prodotti di immagine distaccati dalla profondità e dalla sincerità esistenziale¹¹³.

Si deve tornare ad uno sguardo partecipativo ed empatico, ad utilizzare tutti i sensi contemporaneamente, ad una architettura sensibile.

Sarah Robinson verso l'inizio del libro *Nesting. Fare il nido. Corpo, dimora, mente*, scrive un capitolo intitolato *La mente della pelle*. La pelle è molto più importante di quanto possiamo immaginare, è il nostro «*medium* originale di comunicazione, il nostro contatto più primario con il mondo. [...] la pelle è sia un involucro che un organo»¹¹⁴. In esso egli descrive la pelle come traccia del nostro passato; è «il nostro tessuto più adattabile»¹¹⁵; i nostri stati emotivi si manifestano attraverso la pelle: sia l'arrossamento sia il pallore, trasmettono informazioni su ciò che accade dentro di noi; la pelle «regola il nostro metabolismo ed è direttamente controllata da segnali nervosi autonomi provenienti dal cervello e da segnali chimici inviati da miriadi di sorgenti»¹¹⁶. Il corpo umano è infatti «la somma di migliaia di processi fisiologici che

¹¹⁰ Juhani Pallasmaa, *The Eyes of the Skin. Architecture and the Senses*, Gran Bretagna, Wiley-Academy, 2005, p. 22.

¹¹¹ Juhani Pallasmaa, *The Eyes of the Skin. Architecture and the Senses*, Gran Bretagna, Wiley-Academy, 2005, p. 22.

¹¹² Juhani Pallasmaa, *The Eyes of the Skin. Architecture and the Senses*, Gran Bretagna, Wiley-Academy, 2005, p. 36.

¹¹³ Juhani Pallasmaa, *The Eyes of the Skin. Architecture and the Senses*, Gran Bretagna, Wiley-Academy, 2005, p. 30.

¹¹⁴ Sarah Robinson, *Nesting. Fare il nido. Corpo, dimora, mente*, Safarà editore, 2014, p.37.

¹¹⁵ Sarah Robinson, *Nesting. Fare il nido. Corpo, dimora, mente*, Safarà editore, 2014, pp.37-38.

¹¹⁶ Sarah Robinson, *Nesting. Fare il nido. Corpo, dimora, mente*, Safarà editore, 2014, pp.37-38.

funzionano in concerto l'uno con l'altro all'interno di una matrice integrata che non possiede un'unità fondamentale, né alcun aspetto centrale o parte che sia primaria o più essenziale dell'altra»¹¹⁷. Ciò che succede su una parte del nostro corpo, coinvolge attivamente ogni altra parte e «le proprietà del tutto dipendono dalle attività integrate di ciascuna»¹¹⁸.

Robinson parla del concetto di *mente della pelle*, ritenendolo importante per comprendere il significato di quello che gli scienziati cognitivisti intendono quando parlano di incarnazione:

La mente non è centralizzata nel cervello, bensì si rivela in modo complesso nel tutto integrato delle nostre viscere e dei nostri tessuti, estendendosi oltre la superficie della nostra pelle in un processo di interazione e partecipazione con il nostro ambiente¹¹⁹.

Lo spazio intorno al corpo

All'inizio degli anni Ottanta Giacomo Rizzolatti e colleghi hanno indagato il modo in cui il cervello mappa lo spazio nelle vicinanze del corpo, e, nel 1997, è stato pubblicato l'articolo *The Space Around Us*¹²⁰. L'articolo è introdotto così:

Lo spazio, sebbene unitario se esaminato introspektivamente, non è rappresentato nel cervello come un'unica mappa multifunzionale. Al contrario, nel cervello ci sono numerose mappe spaziali. Di queste, molte si trovano nelle aree corticali che partecipano al controllo del movimento, come i movimenti degli occhi, della testa, delle braccia e così via¹²¹.

Ciò significa che il cervello dei primati (incluso l'uomo), mappa lo spazio in diversi modi¹²². «Un modo specifico di mappare lo spazio è quello di ritagliare regioni diverse

¹¹⁷ Sarah Robinson, *Nesting. Fare il nido. Corpo, dimora, mente*, Safarà editore, 2014, pp.38-39.

¹¹⁸ Sarah Robinson, *Nesting. Fare il nido. Corpo, dimora, mente*, Safarà editore, 2014, pp.38-39.

¹¹⁹ Sarah Robinson, *Nesting. Fare il nido. Corpo, dimora, mente*, Safarà editore, 2014, pp.38-39.

¹²⁰ Era stato chiesto al team di Parma di scrivere l'articolo per esporre le loro recenti scoperte e quelle di Charles G. Gross e Michael S. A. Graziano — ricercatori del dipartimento di Psicologia all'Università di Princeton. Le ricerche, seppur condotte indipendentemente, hanno portato i ricercatori di Parma e i ricercatori di Princeton alla stessa conclusione. Per approfondire vedi: Charles G. Gross, Michael S. A. Graziano, *Multiple Representations of Space in the Brain*, in "The Neuroscientist", Vol.1 (1), 01/1995; Michael S. A. Graziano, Xin Tian Hu, Charles G. Gross, *Coding the Locations of Objects in the Dark*, in "Science", Vol.277, 11/07/1997, p. 239-241.

¹²¹ Giacomo Rizzolatti, Luciano Fadiga, Leonardo Fogassi, Vittorio Gallese, *The Space Around Us*, in "Science", Vol.277, 11/07/1997, p. 190.

¹²² Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018, p. 78.

nello spazio»¹²³. Si distinguono *spazio personale*, *spazio peripersonale*, e *spazio extrapersonale*. Per spazio personale si intende lo spazio occupato dal nostro corpo; peripersonale, è lo spazio vicino, quello intorno al corpo raggiungibile con i movimenti volontari; extrapersonale, lo spazio più lontano, col quale non possiamo interagire direttamente¹²⁴. Vittorio Gallese, una delle figure che collaborò a questa ricerca, rilasciò un'intervista dove spiega brevemente cosa comporta questa scoperta per chi progetta l'ambiente costruito:

Lo spazio peripersonale è mappato dal sistema motorio. Abbiamo scoperto i neuroni che guidano i nostri movimenti di raggiungimento e orientamento nello spazio tridimensionale; ma gli stessi neuroni rispondono anche a stimoli tattili applicati alla stessa parte del corpo - compreso il movimento che controllano - e con i quali rispondiamo a stimoli visivi, muovendoci intorno alla stessa parte del corpo, o a eventi che producono suoni nella stessa porzione di spazio che circonda la parte del corpo che questo motoneurone controlla. Quindi questo campo recettivo visivo non è ancorato al punto in cui dirigo lo sguardo, non è legato alla posizione degli occhi e quindi non è retinocentrico, questo campo recettivo visivo è centrato sul corpo. In effetti si muove insieme alla parte del corpo - finché io mi muovo, anche il campo visivo ricettivo si muove¹²⁵.

Noi e il nostro rapporto con la natura

Interessante campo di investigazione è la psicologia evolutiva, campo di ricerca recente secondo la quale «la cultura rimane vincolata alle forze evolutive»¹²⁶. Questo campo di ricerca è trattato da Mallgrave nel suo libro *L'empatia degli Spazi*, soprattutto, per parlare dell'influenza che la psicologia evolutiva ha avuto sul pensiero architettonico. Centrale, spiega Mallgrave, è stato il lavoro di Jay Appleton, Stephen e Rachel Kaplan, Gordon Orians e Judith Heerwagen «con le loro tesi sulla “selezione dell'habitat”»¹²⁷. Tutte queste ricerche si incontrano su un punto:

ovunque gli esseri umani sembrano avere un gradimento intuitivo o una preferenza per i terreni delle savane dell'Africa orientale del nostro periodo da cacciatori e raccoglitori:

¹²³ Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018, p. 78.

¹²⁴ Treccani, *neglect* <https://www.treccani.it/enciclopedia/neglect_%28Dizionario-di-Medicina%29/>, in <https://www.treccani.it>.

¹²⁵ Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018, p. 78.

¹²⁶ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 94.

¹²⁷ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 96.

paesaggi che presentano acqua (un bisogno umano quotidiano), gruppi liberi di alberi con ampie chiome, un terreno libero da impedimenti visivi (così da rendere visibili animali pericolosi e altri rischi), percorsi e luoghi che offrono sia vista sia rifugio (per osservare le prede e proteggersi dai predatori). Replichiamo queste caratteristiche nei nostri parchi urbani e in altri luoghi, poiché i nostri sistemi biologici sono predisposti a esse¹²⁸.

Questa tesi potrebbe spiegare l'istinto che ci spinge a scappare dalle realtà urbane per le vacanze, oppure, potrebbe spiegare il gradimento che proviamo nell'andare durante il fine settimana al parco. «Gli scenari naturali producono benefici salutari percepibili poiché, come molti hanno sostenuto, si conformano meglio alle nostre strutture biologiche, alle funzioni cognitive e agli adattamenti evolutivi»¹²⁹.

Mallgrave cita due studi, uno di Roger Ulrich e uno finanziato dalla NASA, che dimostrano l'importanza che la natura può avere sull'uomo. Il primo, del 1984, ha rivelato che la vista di un paesaggio naturale fuori dalle finestre degli ospedali, riduce la degenza dei pazienti e il loro bisogno di farmaci¹³⁰. Lo studio della NASA si era posto come obiettivo quello di capire come migliorare in termini di disturbo del sonno, aumento di ansia, astinenza sociale ed esaurimento delle capacità cognitive, sintomi frequenti nella condizione di deprivazione sensoriale che avviene in sette mesi in Antartide durante gli inverni australi¹³¹. Ad alcuni gruppi di persone furono mostrate una serie di immagini di svariate scene ed oggetti. Le scene che risultarono più apprezzate e per cui era stata misurata un'attività rilassata delle onde cerebrali, erano quelle di «paesaggi aridi e scintillanti» e delle «scene "in prospettiva" dotate di grande profondità di campo e con una vista senza ostacoli». Dopo questo studio, la NASA propose di munire di grandi schermi le navicelle, con i quali mostrare immagini naturali durante i viaggi a lungo termine nello spazio¹³².

Nel campo dell'architettura sono emerse nuove correnti che promuovono un maggior utilizzo di vegetazione e soluzioni più naturali nella progettazione. Si parla di pensiero biofilico o bioarchitettura. Queste correnti esprimono una nuova consapevolezza sui benefici che la natura ha sull'uomo. Mallgrave conclude dicendo:

¹²⁸ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 96.

¹²⁹ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 97.

¹³⁰ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 98.

¹³¹ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 98.

¹³² Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 98.

Questa ricerca potrebbe avere numerose implicazioni per i nostri habitat, luoghi di lavoro e addirittura per la progettazione o la ricostruzione delle nostre città, e tali implicazioni sono tanto maggiori quanto più raffinate sono le metodologie utilizzate. Essa suggerisce un maggiore utilizzo della vegetazione sia interna sia esterna, un maggiore uso della luce naturale, specchi d'acqua, camere con vista panoramica, variabilità sensoriale/spaziale, configurazioni ben delineate o frattali, ornamenti ed elementi che evocano curiosità e seduzione. Gran parte di tale ricerca è attualmente integrata nella progettazione basata sulle evidenze delle strutture ospedaliere e delle scuole ed è già diventata un campo di studio a pieno titolo e ben definito. Su scala urbana, la progettazione biofilica richiederebbe di ripensare a fondo le nostre città in un modo molto più verde. Suggestisce città che abbiano non solo molta più vegetazione — come molti urbanisti europei hanno a lungo sostenuto — ma anche una maggiore accessibilità residenziale alle aree naturali o boschive su base quotidiana¹³³.

Affordance

Interessante è l'indagine di Mark Johnson sul *significato incarnato*. Johnson in primo luogo parla del *significato* e critica la linguistica in quanto il loro lavoro ha rafforzato l'idea che «tutto il significato sia una questione di linguaggio, cosicché siano unicamente le parole e le frasi da sole ad avere un significato»¹³⁴. «Si ritiene anche, generalmente, che le frasi significhino perché esprimono proposizioni che corrispondono allo stato delle cose nel mondo»¹³⁵. Come osserva Johnson, la concezione di significato per come viene interpretata dalla linguistica «può quasi non avere applicazioni significative rispetto alla nostra esperienza dell'architettura o di ogni altra forma d'arte»¹³⁶. Continua dicendo: «Il significato di qualsiasi oggetto, qualità, evento o azione è ciò che esso denota per mezzo di qualche esperienza. Il significato è relazionale, e il significato di un certo oggetto potrebbero essere le possibili esperienze

¹³³ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 98.

¹³⁴ Mark L. Johnson, *Il significato incarnato dell'architettura*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 40.

¹³⁵ Mark L. Johnson, *Il significato incarnato dell'architettura*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 40.

¹³⁶ Mark L. Johnson, *Il significato incarnato dell'architettura*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 40.

che esso ci offre ora, nel passato o nel futuro (in quanto possibilità)»¹³⁷. Il significato può essere compreso nel «modo in cui capiamo gli oggetti fisici e gli eventi»¹³⁸.

Il significato di una tazza, per esempio, non risiede semplicemente in qualche concetto astratto che ne specifica un insieme definente di caratteristiche che la costituisce in quanto tazza. Il significato di una tazza, invece, è rappresentato da tutte le esperienze, reali e simulate, che essa ci può consentire. Alcune di quelle esperienze saranno soprattutto attivazioni sensomotorie attuali (e, talvolta, future), come le proprietà visive che la tazza presenta, il modo in cui la sento tra le mie mani quando la sollevo, la levigatezza della sua superficie di ceramica o la sua capacità di contenere il mio tè. Ma il significato di una tazza non è solo ciò che la tazza può consentirci attraverso la percezione fisica o l'interazione motoria, perché il significato comprende anche la funzione sociale svolta dalle tazze, considerati i nostri valori culturali e le pratiche che riguardano l'utilizzo e il significato dei diversi tipi di tazza. Infine, oltre a questo significato comune e condiviso, ci saranno le esperienze passate personali di ogni singolo individuo con le tazze e, forse, proprio con la stessa tazza che hai di fronte a te. Potrebbe darsi che la tazza ti sia stata donata dai tuoi studenti alla fine del corso, quella che è rimasta appoggiata sulla tua scrivania per gli ultimi trent'anni, mettendoti in contatto con quegli studenti, quella classe e quel percorso educativo – per non dire che, per tutti quegli anni, è stata un buon oggetto per contenere il tuo tè mattutino¹³⁹.

Per quanto concerne il *significato incarnato* Johnson adotta la nozione di *affordance* dello psicologo James Jerome Gibson. *Affordance*, derivante dal verbo inglese *to afford*, letteralmente si traduce in 'permettere'. Gibson era interessato alla relazione oggetto-organismo e in questo contesto conio il termine *affordance* per definire la proprietà fisica di un oggetto che suggerisce le azioni appropriate per manipolarlo¹⁴⁰. Per esempio, una cicogna fa il nido su di un lampione, ricevendo da questo oggetto l'*affordance* di albero adatto alla nidificazione; per contro, lo stesso lampione esprime per un uomo l'*affordance* di sostegno all'illuminazione stradale¹⁴¹.

¹³⁷ Mark L. Johnson, *Il significato incarnato dell'architettura*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 40.

¹³⁸ Mark L. Johnson, *Il significato incarnato dell'architettura*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 40.

¹³⁹ Mark L. Johnson, *Il significato incarnato dell'architettura*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 42.

¹⁴⁰ Mark L. Johnson, *Il significato incarnato dell'architettura*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 42.

¹⁴¹ Treccani, *Sistemi ambientali ed ecologia cognitiva* <https://www.treccani.it/enciclopedia/sistemi-ambientali-ed-ecologia-cognitiva_%28Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica%29/>, in <https://www.treccani.it>.

Ciò che un qualunque oggetto ci permette di fare è il risultato della natura dei nostri corpi e dei nostri cervelli – il nostro apparato percettivo o le nostre capacità di collegamento neuronale, le nostre risposte affettive, i nostri programmi motori – *quando essi coinvolgono interattivamente i pattern e le strutture dei nostri ambienti*. Così, a un essere umano con dita, mani e braccia, una tazza di ceramica dà la possibilità di sollevarla, mentre a una formica potrebbe consentire di scalarla. Proprietà, modalità di interazione e significato sono quindi in relazione col tipo di organismo (creatura vivente) e con le caratteristiche oggettive dei suoi ambienti. Gli oggetti che popolano il nostro mondo ci offrono le loro *affordance* significative quando li utilizziamo. Tali *affordance* definiscono gli spazi all'interno dei quali creature come noi possono sentirsi “a casa” nel proprio mondo, ovvero le *affordance* definiscono le tipologie di accoppiamento e di operazioni trasformative di cui possiamo fare esperienza.

Una componente importante delle nuove scienze cognitive del significato e del pensiero è l'utilizzo delle ricerche di neuroimaging. Ognuna di queste esperienze, in relazione alla tazza che ho descritto poc'anzi, è correlata all'attivazione di *cluster* (gruppi) funzionali di neuroni. Dagli studi di *neuroimaging* ora sappiamo che il vedere una tazza non è solamente un'esperienza visiva, ma è un'esperienza che attiva anche alcuni neuroni presenti nelle aree corticali del cervello, motorie e premotorie, che verrebbero attivati se veramente afferrassimo la tazza, se la maneggiassimo e se ci bevessimo. Questi cosiddetti *cluster* neuronali *canonici* sono ciò che rendono i nostri concetti multimodali, coinvolgendo l'attivazione di varie modalità di percezione e interazione collegate a un oggetto particolare. Ci sono anche i sistemi di *neuroni specchio*, cosicché, quando vediamo qualcuno compiere un'azione specifica, molti neuroni dello stesso cluster funzionale sensomotorio vengono attivati nel nostro cervello come se stessi compiendo proprio quell'azione. Sebbene la ricerca sia iniziata con le scimmie, è stata estesa alla cognizione umana, e sappiamo che gli effetti dei neuroni specchio sono presenti anche quando immaginiamo di compiere un'azione, quando leggiamo di quell'azione o ascoltiamo qualcuno mentre la descrive, tutto ciò corrisponde al significato incarnato nel suo significato più immediato e intimo¹⁴².

Sistemi specchio

Negli anni Novanta, un gruppo di neuroscienziati dell'Università di Parma — Giacomo Rizzolatti, Luciano Fadiga, Leonardo Fogassi, Vittorio Gallese e Giuseppe Di Pellegrino — fecero due importanti scoperte, una la conseguenza dell'altra: la prima, ha cambiato ciò che sapevamo dei *neuroni motori* e la seconda è la scoperta dei *neuroni specchio*.

Fino agli anni Sessanta e Settanta del secolo scorso si pensava che il sistema motorio funzionasse come un apparato meccanico¹⁴³: «dalla corteccia partivano catene

¹⁴² Mark L. Johnson, *Il significato incarnato dell'architettura*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, pp. 42-43.

¹⁴³ Giacomo Rizzolatti, Lisa Voza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 31.

di comandi dirette ai muscoli, effettori dei movimenti»¹⁴⁴. Inoltre si pensava che i segnali inviati dai neuroni motori per comandare i movimenti non scindessero dallo scopo dell'azione¹⁴⁵. Queste teorie iniziarono a vacillare. I ricercatori della Scuola di Parma stavano conducendo esperimenti mirati a studiare i neuroni di un particolare settore della corteccia motoria dei macachi. Durante gli esperimenti notarono che alcuni neuroni non avevano un comportamento meccanico, manifestavano un atteggiamento diverso:

lo stesso neurone si attiva per movimenti di muscoli diversi, sia nella mano destra, sia nella mano sinistra, e perfino nella bocca, purché lo *scopo* del movimento sia il medesimo (per esempio afferrare un acino di uvetta); al contrario, movimenti molto simili, per esempio del dito indice, attivano un neurone quando hanno un certo scopo (per esempio afferrare un anello) ma un neurone diverso quando ne hanno un altro (per esempio grattarsi).

Anche la *maniera* in cui la mano afferra un oggetto (per esempio con due dita, a mano aperta o con tutte le dita) causa attivazione differenziate dei neuroni. Alcuni neuroni si attivano quando il macaco usa presa con due dita, come quando afferra oggetti piccoli; altri quando prende con tutta la mano oggetti più grandi; altri infine quando manipola noccioline usando tutte le dita. Le caratteristiche fisiche degli oggetti determinano, dunque, l'attivazione dei neuroni. Ma è lo scopo che la scimmia si prefigge con un certo oggetto (afferrarlo, spostarlo, rilasciarlo) a stabilire sia il modo con cui quell'oggetto è manipolato, sia i neuroni specifici che si attivano.

Dunque le informazioni sensoriali che provengono dagli oggetti si intrecciano e si combinano con le possibilità e le capacità d'azione del macaco, in base a un comune denominatore: lo scopo che l'animale intende raggiungere. I neuroni coinvolti hanno cioè una funzione sia sensoriale sia motoria, due aspetti che nella concezione classica delle scienze cognitive erano invece rigorosamente separati e indipendenti. Quei neuroni elaborano informazioni pragmatiche, che non dicono nulla sull'identità o sulle qualità dell'oggetto (come si chiama, se è bello o brutto, a che cosa serve), ma guidano l'animale nell'interazione (come posso manipolarlo per...?) e lo mettono in condizione di agire¹⁴⁶.

I neuroni motori coinvolti (implicati in azioni dirette a oggetti) sono quindi classificati per *scopo di azione*, come «neuroni: afferrare-soltanto-con-la-mano», «neuroni: afferrare-con-la-mano-e-con-la-bocca», «neuroni: strappare», «neuroni: tenere», «neuroni: lasciare», che costituiscono il repertorio cerebrale degli *atti motori*

¹⁴⁴ Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 31.

¹⁴⁵ Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 31.

¹⁴⁶ Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, pp. 34-35.

(così definiti per distinguerli dei movimenti privi di scopo)¹⁴⁷. Il catalogo degli atti motori diventa sempre più elaborato e completo con l'esperienza, soprattutto durante la prima fase della vita. Ciò che si credeva sui neuroni motori era stato messo in discussione e sull'onda di questa scoperta ce ne fu un'altra altrettanto importante.

Giacomo Rizzolatti e Lisa Vozza, nell'introdurre la scoperta dei neuroni specchio nel libro *Nella mente degli altri*, parlano di *serendipità* (in inglese *serendipity*), termine coniato da Horace Walpole nel 1754 per definire la capacità di fare per caso scoperte fortunate ¹⁴⁸. Siamo sempre a Parma, nel laboratorio dell'Università. I ricercatori stanno proseguendo gli studi sui neuroni motori, quando avviene un episodio di serendipità:

In laboratorio ci sono spesso noccioline americane: a volte sono l'oggetto con cui le scimmie compiono azioni, a volte la ricompensa per un compito appena eseguito con un oggetto diverso. Le arachidi però fanno gola a tutti, non solo ai macachi. Così capita che, nella pausa fra una registrazione e l'altra, chi segue gli esperimenti ne "rubi" qualcuna dal contenitore preparato per gli animali.

In occasione di qualcuno di questi "furti", proprio nel momento in cui il ricercatore di turno sta portando alla bocca una manciata di noccioline, l'oscilloscopio che registra l'attività dei neuroni della scimmia emette un *tac-tac-tac* molto singolare¹⁴⁹. Il macaco infatti è fermo e non sta interagendo con nessun oggetto.

Come mai i neuroni che normalmente si attivano quando la scimmia è in azione, per esempio quando porta alla bocca un'arachide, ora "sparano"¹⁵⁰ quando a mangiare l'arachide è qualcun altro?¹⁵¹

Inizialmente pensano a qualche «bizzarria sperimentale». Ma effettuando delle prove di verifica si accorgono che la circostanza si ripete sistematicamente, non solo con le noccioline, anche con altri oggetti che il macaco conosceva per esperienza diretta. Scoprono che esistono delle cellule che si attivano sia quando si compie una certa azione sia quando la stessa azione è fatta da qualcun altro¹⁵²:

¹⁴⁷ Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 35.

¹⁴⁸ Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 40.

¹⁴⁹ Ogni *tac* corrisponde a un potenziale d'azione. [N. d. R.]

¹⁵⁰ In gergo si dice che il neurone ha *sparato* per indicare quando il neurone reagisce ad uno stimolo. [N. d. R.]

¹⁵¹ Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, pp. 40-41.

¹⁵² Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 42.

Data la loro capacità di attivarsi “riflettendo” le azioni degli altri, a queste cellule della corteccia premotoria è stato dato il nome di *neuroni specchio*. Si tratta di neuroni che si comportano come i neuroni motori quando si attivano per un’azione propria, mentre mostrano la propria peculiarità quando si attivano in risposta alla stessa azione compiuta da altri¹⁵³.

Come i neuroni motori, anche i neuroni specchio «si attivano ciascuno in modo molto specifico per una certa azione»¹⁵⁴. I ricercatori della Scuola di Parma avevano scoperto un meccanismo neuronale in grado di «unire direttamente la descrizione visiva di un’azione alla sua comprensione ed esecuzione»¹⁵⁵.

I neuroscienziati si sono chiesti se i meccanismi specchio fossero una peculiarità del cervello delle scimmie, o se anche gli esseri umani fossero dotati di un simile sistema. Uno studio condotto sul cervello umano con la PET¹⁵⁶ ha confermato l’esistenza di sistemi specchio anche negli esseri umani.

Dopo il 1990 le ricerche sui neuroni specchio sono andate avanti. In un esperimento condotto sugli esseri umani per studiare i sistemi specchio è stato dimostrato che l’attivazione di questi sistemi avviene anche con azioni *intransitive* (non dirette a oggetti) e non solo con azioni *transitive* (dirette a oggetti)¹⁵⁷. Inoltre, è stato dimostrato che, quando ascoltiamo frasi su azioni specifiche, si attiva un circuito complesso che comprende il giro frontale inferiore e i settori della corteccia premotoria, specifici per ciascuna azione descritta nelle frasi¹⁵⁸. Teoria confermata anche da un’altro esperimento che prevedeva l’osservazione di alcune azioni e la lettura della descrizione delle medesime azioni: le regioni della corteccia premotoria che si attivavano erano le stesse, sia per le azioni osservate, sia per quelle lette¹⁵⁹.

¹⁵³ Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, pp. 42-43.

¹⁵⁴ Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 43.

¹⁵⁵ Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 43.

¹⁵⁶ Condotta all’Università di Parma, in collaborazione con l’Istituto San Raffaele di Milano.

¹⁵⁷ Risultato ottenuto dallo studio di Luciano Fadiga e altri colleghi all’Università di Parma. Conclusioni simili sono state fatte anche da Giovanni Buccino e altri colleghi in collaborazione con ricercatori tedeschi, conducendo un esperimento di fMRI.

¹⁵⁸ Studio condotto da Marco Tettamanti e altri colleghi che hanno registrato l’attività della corteccia in un esperimento di fMRI.

¹⁵⁹ Condotta con la tecnica fMRI da Lisa Aziz-Zadeh all’Università di Los Angeles, in collaborazione con il gruppo di Parma.

Il sistema specchio umano ha anche la funzione di informare chi osserva della *motivazione* che spinge chi effettua l'azione. Non solo, è stato visto da alcuni studi, che i neuroni specchio si attivano precocemente quando si conosce l'*intenzione* della persona osservata, fin dalla prima parte dell'azione. Perciò, questi meccanismi ci permettono di leggere nei propri movimenti e in quelli degli altri gli obiettivi e le motivazioni dietro ad un'azione. Il primatologo Frans de Waal¹⁶⁰ conio l'espressione *Intelligenza Macchiavellica*, chiamata anche *intelligenza sociale* riferendosi alla capacità umana di prevedere e interpretare il comportamento altrui e giocare d'anticipo.

Ma noi non leggiamo solo azioni eseguite o percepite, i sistemi specchio ci permettono anche di leggere le *emozioni* delle altre persone: «un meccanismo che permette di comprendere le emozioni altrui, non appena la stessa emozione è osservata in un altro individuo, mediante il reclutamento diretto dei centri corticali attivi durante l'esperienza soggettiva della stessa emozione»¹⁶¹. In questo contesto di ricerca, si intende il termine 'emozione' nella sua accezione biologica: «un insieme di risposte fisiologiche, di tendenze all'azione e di sensazioni soggettive che impegnano adattivamente gli esseri umani e gli altri animali a reagire agli eventi con significato biologico e/o individuale»¹⁶². L'ipotesi di un meccanismo *mirror* per le emozioni è stata supportata da studi di *neuroimaging*. Furono «individuate le regioni corticali reclutate quando il partecipante provava una certa emozione, e successivamente studiate quando lo stesso partecipante osservava la stessa emozione provata da qualcun altro»¹⁶³. Ad esempio, è stato notato con la reazione di *disgusto*¹⁶⁴ (emozione molto visibile e forte):

Per verificare questa ipotesi alcuni volontari sono stati sottoposti a un esperimento di risonanza magnetica funzionale durante il quale dovevano dapprima annusare essenze dall'odore stomachevole, e poi osservare alcuni video in cui si vedevano le facce di

¹⁶⁰ Frans de Waal. Tra i più influenti studiosi della vita sociale dei primati, ha indagato modelli cognitivi e forme comportamentali dei primati, sondando la linea di confine tra specie animali e genere umano e individuando una traiettoria di continuità in alcune forme di emozioni morali quali l'empatia, l'equità e l'altruismo.

Fonte: Treccani: <<https://www.treccani.it/enciclopedia/frans-de-waal/>>

¹⁶¹ Vittorio Gallese, Fausto Caruana, *Sentire, esprimere, comprendere le emozioni: una nuova prospettiva neuroscientifica*, in "Sistemi intelligenti", 02/08/2011, p. 223.

¹⁶² Dale Purves, Roberto Cabeza, Scott A. Huettel, Kevin S. LaBar, Michael L. Platt, Marty G. Woldorff, *Neuroscienze cognitive*, seconda edizione, Zanichelli 2015, p. 7 del Glossario.

¹⁶³ Vittorio Gallese, Fausto Caruana, *Sentire, esprimere, comprendere le emozioni: una nuova prospettiva neuroscientifica*, in "Sistemi intelligenti", 02/08/2011, p. 223.

¹⁶⁴ Bruno Wicker, Christian Keysers, Jane Plailly, Jean-Pierre Royet, Vittorio Gallese, Giacomo Rizzolatti, *Both of Us Disgusted in My Insula: The Common Neural Basis of Seeing and Feeling Disgust*, in "Neuron", by Cell Press, Vol. 40, 30/10/2003, pp. 655-664.

persone disgustate dalle stesse essenze. Le mappe di attivazione fMRI hanno mostrato che le due esperienze – diretta e osservata – causano negli individui l'attivazione della medesima regione della corteccia, chiamata *insula anteriore*. Esiste dunque un meccanismo che ci permette di esperire le emozioni degli altri rivivendole all'interno di noi stessi¹⁶⁵.

In altre parole,

l'osservazione di volti altrui che esprimono un'emozione determinerebbe un'attivazione dei neuroni specchio della corteccia premotoria. Questi invierebbero alle aree somatosensoriali e all'insula una copia del loro *pattern* di attivazione (*copia efferente*), simile a quello che inviano quando è l'osservatore a vivere quell'emozione. La risultante attivazione delle aree sensoriali, analoga a quella che si avrebbe quando l'osservatore esprime spontaneamente quell'emozione ("come se"), sarebbe alla base della comprensione delle reazioni emotive degli altri¹⁶⁶.

Questo effetto è stato individuato anche nel caso del dolore, delle sensazioni tattili, e del sorridere¹⁶⁷.

«Gran parte delle nostre interazioni con l'ambiente e dei nostri stessi comportamenti emotivi dipende dalla capacità di percepire e di comprendere le emozioni altrui»¹⁶⁸. Ci scuote vedere una persona vicino a noi che piange, o ci allarmiamo quando vediamo sul volto di una persona un'espressione di paura. Si parla di *empatia*, ossia «la capacità di condividere le stesse sensazioni espresse da un altro individuo»¹⁶⁹, quindi di un meccanismo di rispecchiamento.

Per concludere, oggi sappiamo che le aree del cervello umano coinvolte nel sistema dei neuroni specchio (MNS) sono: le aree premotorie, l'area di Broca, il lobo parietale posteriore, l'insula e il giro del cingolo¹⁷⁰. I meccanismi specchio sono stati osservati nell'uomo, nel macaco, nelle marmosette, nel ratto e nel pipistrello¹⁷¹. Nell'uomo il

¹⁶⁵ Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, pp. 84-86.

¹⁶⁶ Rizzolatti, G., Corrado, S., *So quel che fai. Il cervello che agisce e i neuroni specchio*, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2006, p. 179.

¹⁶⁷ Vittorio Gallese, Fausto Caruana, *Sentire, esprimere, comprendere le emozioni: una nuova prospettiva neuroscientifica*, in "Sistemi intelligenti", 02/08/2011, p. 223.

¹⁶⁸ Rizzolatti, G., Corrado, S., *So quel che fai. Il cervello che agisce e i neuroni specchio*, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2006, p. 168.

¹⁶⁹ Dale Purves, Roberto Cabeza, Scott A. Huettel, Kevin S. LaBar, Michael L. Platt, Marty G. Woldorff, *Neuroscienze cognitive*, seconda edizione, Zanichelli 2015, p. 7 del Glossario.

¹⁷⁰ Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 144.

¹⁷¹ Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 144.

sistema specchio permette di comprendere il significato delle azioni altrui, di imitare le azioni degli altri e di capirne l'intenzione. Vale sia per azioni concrete, sia per azioni comunicative, come manifestare un'emozione o pronunciare una frase. «Le risposte del sistema specchio descrivono azioni connotate da un'intenzione, ma anche gesti intransitivi e gesti con contenuto emozionale. Il nostro cervello possiede già uno stampo, un modello interno, di queste azioni, gesti ed emozioni»¹⁷².

Dopo queste considerazioni sui sistemi specchio non sorprende che il neuroscienziato Vilayanur Ramachandran, tra i massimi esperti di neuroscienze, alla conferenza del Silver Jubilee meeting della Society for Neuroscience, disse: «Prevedo che i neuroni specchio faranno per la psicologia ciò che il DNA ha fatto per la biologia: forniranno un quadro unificante e aiuteranno a spiegare una serie di abilità mentali che finora sono rimaste misteriose e inaccessibili agli esperimenti»¹⁷³.

«Vi sono alcune implicazioni per l'architettura piuttosto intriganti che non vanno perdute in questo entusiasmo scientifico»¹⁷⁴ dice Mallgrave, e continua dicendo: «Poiché se tali modelli di codifica dell'attività neurologica, che sono dotati di una base genetica, si attivano in risposta alle azioni delle altre persone, essi sono anche attivati dal movimento, dalla forma e dalla disposizione degli oggetti inanimati, il che ovviamente include gli elementi e le caratteristiche del nostro ambiente costruito»¹⁷⁵.

La nostra esperienza con l'architettura

Se entri nella Cattedrale di Amiens al tramonto mentre un organo sta suonando e ti accorgi che “il tuo cuore trasalisce”, è perché il tuo cervello – non il tuo cuore – è stato sopraffatto dallo sbigottimento. Le cellule del tuo cervello si riempiono con un improvviso afflusso di sangue, alzando così la tua temperatura corporea, accelerando i tuoi battiti cardiaci e assalendoti con i ricordi. La luce che attraversa le vetrate istoriate sta stimolando l'area V4 della tua corteccia visiva. La musica di Bach sta vibrando nella coclea del tuo orecchio interno e sta inviando segnali alla corteccia uditiva. L'odore stantio dei

¹⁷² Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli 2020, p. 144.

¹⁷³ Vilayanur Ramachandran, *Mirror Neurons and Imitation Learning as the Driving Force Behind the Great Leap Forward in Human Evolution* <http://edge.org/3rd_culture/ramachandran/ramachandran_p1.html> articolo in <https://www.edge.org>, 31/05/2000.

¹⁷⁴ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p.158.

¹⁷⁵ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p.158.

secoli passati viene inconsciamente registrato dai neuroni olfattivi alla radice del tuo naso. Stai facendo esperienza dell'architettura¹⁷⁶.

Grazie alla ricerca biologica contemporanea, oggi abbiamo una migliore comprensione dell'*emozione* in termini biologici:

un sistema evoluto di valori (valenze) attraverso il quale gli esseri umani, come tutti gli altri animali, considerano e valutano le condizioni dell'ambiente. Le emozioni sono eventi somatici, elettrici e chimici ("sentimenti viscerali"), le cui tracce neurologiche possono essere catturate tramite le tecnologie di visualizzazione cerebrale¹⁷⁷.

E l'emozione è *precognitiva* (o *preriflessiva*), quindi anticipa la nostra riflessione consapevole dei sentimenti. «Tuttavia, allo stesso tempo non possono essere interpretate come qualcosa di "altro" o come qualcosa di opposto rispetto alla nostra comprensione riflessiva»¹⁷⁸. Infatti, è da tenere presente che

I circuiti emotivi non sono che una parte delle stesse mappe neuronali attraverso cui il fattore inibitorio della ragione (l'ultimo arrivato del gioco evolutivo) opera. E poiché rispondiamo all'ambiente attraverso i molteplici sensi corporei, neurologicamente interconnessi, le emozioni sono profondamente radicate fin dall'inizio in ogni esperienza architettonica¹⁷⁹.

L'esperienza preriflessiva è riconducibile a due motivi. Il primo, «Gran parte di questa attività neurologica (decine di miliardi di neuroni) opera al di sotto della soglia della consapevolezza cosciente per il semplice motivo che è un'attività troppo gravosa e opera troppo velocemente per permettere alla mente cosciente di concentrarsi su di essa»¹⁸⁰. Secondo, «la consapevolezza e il pensiero sono fondamentalmente incarnate,

¹⁷⁶ John Paul Eberhard, *You Need to Know What You Don't Know* <<http://info.aia.org/aiarchitect/thisweek06/0127/0127eberhard.htm>>, articolo in <https://www.aia.org>, 01/2006.

¹⁷⁷ Harry Francis Mallgrave, "Conosci te stesso": ovvero quello che i progettisti possono imparare dalle scienze biologiche contemporanee, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 27.

¹⁷⁸ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p.17.

¹⁷⁹ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p.17.

¹⁸⁰ Harry Francis Mallgrave, "Conosci te stesso": ovvero quello che i progettisti possono imparare dalle scienze biologiche contemporanee, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 28.

nel senso che gli aspetti importanti della nostra attività percettiva e concettuale coinvolgono aree sensomotorie relative ai nostri movimenti e alla consapevolezza»¹⁸¹.

Questo ci porta ad un aspetto particolarmente rilevante per i progettisti, ossia il fondamento dell'emozione nei sistemi specchio umani: «la spiegazione della ragione per cui le emozioni funzionano con questa infallibile immediatezza»¹⁸². Empatizziamo con la tristezza o la felicità altrui; comprendiamo gli stati emotivi delle altre persone; traduciamo anche i più piccoli gesti. Ma questa capacità non si limita solo alle persone, noi empatizziamo anche con l'ambiente. «I neuroni specchio sembrano dunque, in senso più generale, definire fenomenologicamente il nostro rapporto empatico con il mondo»¹⁸³.

Simulazione incarnata

In un'intervista pubblicata sul volume *Intertwining: Unfolding Art and Science*, Sarah Robinson chiede a Vittorio Gallese di parlare della *simulazione incarnata* — traduzione di *embodied simulation* — locuzione che Gallese suggerisce di utilizzare in sostituzione della parola *empatia*. Gallese ritiene che il sistema dei neuroni specchio sia importante anche per comprendere altre azioni, ad esempio: «come formiamo il nostro di sé, come ci identifichiamo e rapportiamo socialmente con gli altri, come possiamo arrivare ad avere consapevolezza spaziale e anche come abbiamo sviluppato il linguaggio»¹⁸⁴. Pertanto, con le parole di Gallese,

Il modello della simulazione incarnata è stato un tentativo di fornire un quadro teorico coerente che potesse spiegare questa varietà di fenomeni che condividono una proprietà comune: una parte del nostro cervello simula ciò che faremmo con gli oggetti nello spazio *in relazione* agli altri. Questa simulazione è parte integrante della nostra percezione degli oggetti, dello spazio e degli altri. In altre parole, attraverso la simulazione incarnata, abbiamo un accesso molto più diretto al mondo degli oggetti, allo spazio fisico in cui si svolge il nostro comportamento e le nostre interazioni con gli altri. Ecco perché non mi piace collegare in modo univoco o esclusivo la nozione di simulazione incarnata con quella di mirroring, con il meccanismo dei neuroni specchio, perché la simulazione

¹⁸¹ Harry Francis Mallgrave, “Conosci te stesso”: ovvero quello che i progettisti possono imparare dalle scienze biologiche contemporanee, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 28.

¹⁸² Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p.176.

¹⁸³ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p.175.

¹⁸⁴ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p.176.

incarnata supera le proprietà funzionali dei neuroni specchio, perché, come ho cercato di spiegare, si applica anche alla nostra percezione di oggetti tridimensionali e alla nostra percezione dello spazio. Per tutte queste ragioni, questo nuovo modello di percezione credo abbia qualcosa da dire in relazione alla realizzazione e alla nostra percezione dell'architettura e dello spazio architettonico¹⁸⁵.

Dalle ricerche che sono state fatte fino ad oggi, è emerso che «che non vediamo esclusivamente utilizzando la cosiddetta parte visiva del nostro cervello, ma la visione è intrinsecamente — non solo metaforicamente, ma anche a livello del cervello — un'impresa multimodale»¹⁸⁶. L'architettura non è un'arte visiva. Quando osserviamo un ambiente costruito, come un'opera d'arte, una scultura, una tazza, non è solo il nostro sistema visivo ad essere impegnato, anche il sistema motorio e tattile¹⁸⁷.

Per ciò che concerne il sistema tattile, un recente studio, *The Sense of Touch. Embodied Simulation in a Visuotactile Mirroring Mechanism for Observed Animate or Inanimate Touch* (per approfondire si veda il capitolo *Appendici — articoli*), ha dimostrato che noi entriamo in empatia con l'ambiente inanimato che ci circonda¹⁸⁸. Lo studio, come suggerisce il titolo — *The Sense of Touch*, vuole esaminare il “dominio del tatto”, chiarendo «come il cervello umano mappi il verificarsi di un tocco osservato e, più specificamente, fino a che punto l'osservazione del tocco può essere fondata sull'attivazione delle aree cerebrali alla base delle nostre esperienze tattili»¹⁸⁹. Gli Scienziati ci ricordano che l'osservazione del tatto è un evento quotidiano che comprende le interazioni sociali e gli eventi naturali e gioca un ruolo importante nella nostra interazione con il mondo esterno. Studi di neurovisualizzazione funzionale hanno dimostrato l'attivazione automatica di un circuito neurale condiviso (nelle corteccie somatosensoriali), normalmente coinvolto nella nostra esperienza del tatto,

¹⁸⁵ Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018, p. 79.

¹⁸⁶ Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018, p. 77.

¹⁸⁷ Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018, p. 79.

¹⁸⁸ Sjoerd J. H. Ebisch, Mauro G. Perrucci, Antonio Ferretti, Cosimo Del Gratta, Gian Luca Romani, e Vittorio Gallese, *The Sense of Touch. Embodied Simulation in a Visuotactile Mirroring Mechanism for Observed Animate or Inanimate Touch*, in “Journal of Cognitive Neuroscience”, n. 20, 2008.

¹⁸⁹ Sjoerd J. H. Ebisch, Mauro G. Perrucci, Antonio Ferretti, Cosimo Del Gratta, Gian Luca Romani, e Vittorio Gallese, *The Sense of Touch. Embodied Simulation in a Visuotactile Mirroring Mechanism for Observed Animate or Inanimate Touch*, in “Journal of Cognitive Neuroscience”, n. 20, 2008.

durante l'osservazione di un'altra persona che viene toccata¹⁹⁰. Altri studi hanno dimostrato che l'attivazione di questo meccanismo avviene anche per la vista di un oggetto che viene toccato¹⁹¹. Di conseguenza possiamo concludere che «per attivare un circuito neurale condiviso per il tatto attraverso la visione, non importa cosa viene toccato (animato o inanimato), purché si verifichi il tatto»¹⁹². Questo ci porta a pensare che se entriamo in sintonia empatica con le persone, ciò avviene anche con l'ambiente inanimato che ci circonda:

Questo meccanismo potrebbe sostenere l'attivazione di una nozione astratta di tatto. Non importa in che misura un tocco osservato sia intenzionale o accidentale, se un oggetto toccato osservato sia animato o inanimato, o se una persona o un oggetto osservato sia toccato sul lato destro o sinistro; la vista di qualsiasi tocco evoca l'attivazione in un circuito neurale condiviso nel SII bilaterale. Infatti, a differenza di altri domini in cui è stato dimostrato un circuito condiviso tra l'esperienza in prima e terza persona, come nel caso delle azioni e delle emozioni, il dominio del tatto non sembra essere limitato al mondo sociale. Lo spazio intorno a noi è pieno di oggetti che si toccano accidentalmente, cioè senza alcun coinvolgimento animato. Si può osservare una pigna che cade sulla panchina di un giardino nel parco, o gocce che schizzano sulle foglie di una pianta durante un acquazzone. I modelli di simulazione incarnata sostengono che le stesse strutture neurali coinvolte nelle nostre esperienze corporee contribuiscono alla concettualizzazione di ciò che osserviamo nel mondo che ci circonda¹⁹³.

Per riprendere il discorso sul modo in cui entriamo in relazione con il mondo che ci circonda, è il sistema visivo, emotivo, tattile e motorio che entrano in gioco. «Quindi siamo sinestetici, non solo metaforicamente quando leggiamo Mallarmé, ma siamo sinestetici 24 ore al giorno — la nostra percezione è intrinsecamente sinestetica»¹⁹⁴.

Gallese continua l'intervista parlando della relazione tra immaginazione e simulazione incarnata. Si è sempre ritenuta la realtà e l'immaginazione due mondi

¹⁹⁰ Studio condotto da S.J. Blakemore, D. Bristow, G. Bird, C. Frith, J. Ward; pubblicato nel 2005 in "Brain" dal titolo *Somatosensory activations during the observation of touch and a case of vision - touch synaesthesia*. Consultabile online: <<http://www.daysyn.com/Blakemoreetal2005.pdf>>.

¹⁹¹ Studio condotto da Christian Keysers, Bruno Wicker, Valeria Gazzola, Jean-Luc Anton, Leonardo Fogassi, Vittorio Gallese; pubblicato nel 2004 in "Neuron", (Vol. 42, 335-346) dal titolo *A Touching Sight: SII/PV Activation during the Observation and Experience of Touch*. Consultabile online: <<https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S0896-6273%2804%2900156-4>>.

¹⁹² Sjoerd J. H. Ebisch, Mauro G. Perrucci, Antonio Ferretti, Cosimo Del Gratta, Gian Luca Romani, e Vittorio Gallese, *The Sense of Touch. Embodied Simulation in a Visuotactile Mirroring Mechanism for Observed Animate or Inanimate Touch*, in "Journal of Cognitive Neuroscience", n. 20, 2008.

¹⁹³ Sjoerd J. H. Ebisch, Mauro G. Perrucci, Antonio Ferretti, Cosimo Del Gratta, Gian Luca Romani, e Vittorio Gallese, *The Sense of Touch. Embodied Simulation in a Visuotactile Mirroring Mechanism for Observed Animate or Inanimate Touch*, in "Journal of Cognitive Neuroscience", n. 20, 2008.

¹⁹⁴ Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018, p. 80.

separati. Solo recentemente il muro costruito dall'uomo per dividere realtà e mondo immaginario ha iniziato a dissolversi: «è stato dimostrato che fare qualcosa è molto più simile all'immaginare di fare qualcosa rispetto a quanto si credesse in precedenza»¹⁹⁵. Gallese propone un esempio molto esplicativo:

se immagino di portare una borsa piena di bottiglie di acqua minerale fino al quarto piano, passo dopo passo, alla fine di questo esercizio immaginario la mia pressione sanguigna risulterà aumentata, la mia frequenza cardiaca aumenterà, la mia frequenza respiratoria aumenterà, quindi in una parola la mia condizione corporea sarà incredibilmente simile alla mia condizione fisica quando non immagino, ma porto realmente quelle bottiglie d'acqua al quarto piano salendo le scale¹⁹⁶.

Ciò accade perché ciò che vedo o immagino di vedere, «condividono una grande quantità di risorse neurali»¹⁹⁷. «Molte delle aree del cervello coinvolte quando si fa qualcosa o si guarda qualcosa sono anche coinvolte quando semplicemente chiudiamo gli occhi e immaginiamo di fare qualcosa o di vedere qualcosa»¹⁹⁸. Immaginazione, creatività e memoria sono intrecciate le une alle altre e grazie alla simulazione incarnata sappiamo il perché di questo comportamento da un punto di vista funzionale¹⁹⁹.

Quando sperimentiamo l'ambiente costruito, come portare delle bottiglie d'acqua su per una scala, l'esperienza viene annotata nella nostra memoria procedurale, «parte enorme del cosiddetto inconscio cognitivo o non rimosso»²⁰⁰. La conoscenza del nostro corpo e la nostra memoria corporea implicita sono fortemente collegate e influenzano il modo in cui ci relazioniamo con il mondo²⁰¹.

Lo studio *Motion, emotion and empathy in esthetic experience* di David Freedberg e Vittorio Gallese (per approfondire si veda il capitolo *Appendici — articoli*), si pone due

¹⁹⁵ Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018, p. 80.

¹⁹⁶ Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018, p. 80.

¹⁹⁷ Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018, p. 80.

¹⁹⁸ Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018, p. 80.

¹⁹⁹ Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018, p. 80.

²⁰⁰ Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018, p. 80.

²⁰¹ Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018, p. 80.

domande: quanto è rilevante l'empatia nell'esperienza estetica e quali sono i meccanismi neurali coinvolti?²⁰² Gli autori, David Freedberg e Vittorio Gallese, introducono l'articolo citando Leon Battista Alberti:

Farà oltra di questo l'istoria stare gli spettatori con gli animi attenti, quando quegli uomini che vi saranno quieti, rappresenteranno grandissimamente i moti degli animi loro. Imperocchè ei avviene dalla natura, della quale non si trova cosa alcuna che sia più capace, nè che ci tiri più delle cose simili, che noi piangiamo con chi piange, ridiamo con chi ride, e ci condogliamo con chi si rammarica. Ma questi moti dell'animo si conoscono, mediante i moti del corpo²⁰³.

Freedberg e Gallese ci invitano a mettere da parte la *dimensione artistica* delle opere d'arte e a concentrarci sui *fenomeni incarnati* che conseguono dalla contemplazione delle opere sulla base del loro contenuto, studiando i meccanismi neurali che sostengono il «potere empatico delle immagini». Inoltre lo studio affronta l'effetto sentito di particolari dettagli implicati nella produzione delle opere d'arte (come le tracce del pennello del pittore o della mano dallo scultore).

Gli autori riportano una serie di esempi tra cui i *Prigioni* di Michelangelo. Nell'osservare l'opera di Michelangelo percepiamo un'empatia fisica con i Prigioni, che ci spinge ad attivare i muscoli come per «liberarci dalla pietra». Non simuliamo solo empatia fisica, ma anche un sentimento di empatia per le conseguenze emotive dei modi in cui il corpo è danneggiato o mutilato. La simulazione si verifica, oltre che in risposta alle opere figurative, anche in risposta all'esperienza di forme architettoniche, «come una colonna romana contorta», di dipinti astratti come quelli di Jackson Pollock (osservando l'opera possiamo sentire un coinvolgimento corporeo con le azioni creative del produttore dell'opera), o dai tagli di Lucio Fontana²⁰⁴.

Quindi, le risposte empatiche automatiche costituiscono le risposte alle opere artistiche e architettoniche, e alla base di tali risposte, c'è il processo di *simulazione incarnata* che ci permette di comprendere i contenuti intenzionali ed emotivi di tali opere²⁰⁵.

Con altre parole:

²⁰² David Freedberg, Vittorio Gallese, *Motion, emotion and empathy in esthetic experience*, in "Trends in Cognitive Sciences", Vol.11 (5), 01/05/2007.

²⁰³ Leon Battista Alberti, *Della pittura e della statua. Della pittura - Libro secondo*, p. 14.

²⁰⁴ David Freedberg, Vittorio Gallese, *Motion, emotion and empathy in esthetic experience*, in "Trends in Cognitive Sciences", Vol.11 (5), 01/05/2007.

²⁰⁵ Harry Francis Mallgrave, "Conosci te stesso": ovvero quello che i progettisti possono imparare dalle scienze biologiche contemporanee, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 36-37.

quando vediamo un materiale architettonico, per esempio, sappiamo che anche le aree tattili della corteccia somatosensoriale vengono chiamate in gioco. [...] in un atto di simulazione simuliamo allo stesso tempo il tocco della superficie con le nostre mani e l'inalazione del suo odore, raccogliamo tracce della sua armoniosità o severità acustica e, se fossimo ancora bambini in fase di esplorazione, potremmo perfino leccarlo con la lingua²⁰⁶.

Quando entriamo in un ambiente, tramite la nostra visione periferica, notiamo subito l'atmosfera generale: la luce naturale, il colore, i materiali, la geometria, la morfologia, il suono, gli odori e altri elementi, e in pochi millisecondi sviluppiamo una sensazione, un «giudizio biologico». Mentre stiamo percorrendo la navata di una chiesa, ad esempio, iniziamo a riflettere ed elaborare i dettagli architettonici, ma entrando abbiamo già formulato un giudizio, «su cose come la comodità della maniglia di una porta o del corrimano, le proporzioni di un'alzata o di una pedata, la consistenza del materiale del pavimento, la risonanza acustica o l'ambiente visivo di una stanza, la mano di un tessuto, l'odore dei materiali, la presenza della luce naturale»²⁰⁷. Inoltre, «diamo giudizi incarnati sui materiali selezionati, sulle relazioni spaziali, sulle proporzioni dimensionali, sulla scala, sui modelli, sui ritmi, sui valori tattili, e persino sulle intenzioni creative dell'architetto»²⁰⁸. Le risposte emotive sono *incarnate*, più precisamente, le emozioni coinvolgono le aree sensorimotorie del cervello legate ai nostri movimenti corporei e alla consapevolezza corporea di essi; noi sentiamo questo mondo attraverso il nostro corpo, immediatamente e in modo multisensoriale²⁰⁹.

Elemento: materia, superfici

Durante un fine settimana di primavera sono andata a vedere la mostra permanente esposta alla Fondazione Prada. Dall'ingresso del complesso, subito dopo il primo edificio, sulla sinistra si imbecca una strada per arrivare alla biglietteria del museo, costeggiata da un lato dall'edificio che ospita il bar Luce e dall'altro, sulla destra, la

²⁰⁶ Harry Francis Mallgrave, "Conosci te stesso": ovvero quello che i progettisti possono imparare dalle scienze biologiche contemporanee, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 36-37.

²⁰⁷ Juhani Pallasmaa, Harry Francis Mallgrave, Michael Arbib, *Architecture and Neuroscience*, Finlandia, Tapio Wirkkala Rut Bryk Foundation 2013, p. 29.

²⁰⁸ Juhani Pallasmaa, Harry Francis Mallgrave, Michael Arbib, *Architecture and Neuroscience*, Finlandia, Tapio Wirkkala Rut Bryk Foundation 2013, p. 29.

²⁰⁹ Juhani Pallasmaa, Harry Francis Mallgrave, Michael Arbib, *Architecture and Neuroscience*, Finlandia, Tapio Wirkkala Rut Bryk Foundation 2013, p. 29.

famosa torre rivestita da foglie d'oro. Sono molti gli aspetti del progetto dello studio di architettura OMA che mi hanno colpito, però quella strada e la sua atmosfera è ciò che mi ha sorpreso di più. Non sapendo bene il perché, la prima impressione è stata molto positiva. A posteriori ho potuto leggere alcuni dettagli che avevano contribuito a rendere quel momento piacevole. Ciò che mi colpì subito fu l'intimità di quello spazio: riparato dal traffico cittadino, uno spazio lento, chiuso ma non soffocante. Il secondo aspetto che mi colpì fu la pavimentazione. Siamo abituati ad associare pavimentazioni scure e giornate calde a una sensazione di disagio. Sappiamo intuitivamente che i materiali scuri emanano calore. L'asfalto ce lo ricorda continuamente. Tuttavia, fui sorpresa nel constatare che, nonostante la pavimentazione scura e la calda giornata di primavera, non percepì quella sensazione. Non è facile trovare pavimentazioni in legno in contesti urbani, meno che mai mattonelle di legno. Quadrati (circa 10x10cm) di legno massello, ricavati dal taglio trasversale della trave, quindi con un taglio trasverso vena. Si nota l'analogia ad una pavimentazione di sampietrini (la nuova pavimentazione, si accosta alla pavimentazione preesistente in sampietrini).

La scelta di un materiale "fresco" non fu l'unico aspetto che mi sorprese. Il rumore dei passi era assorbito dal legno; un rumore rotondo e calmo. Quando camminiamo in contesti pubblici è più probabile sentire il rumore dei passi a contatto con un materiale riverberante. Siamo preparati a sentire il continuo clomp-clomp dei passi e quindi smettiamo forse consciamente di notarlo. L'assenza di quel rumore permetteva di mitigare la presenza delle tante persone presenti quel giorno. Il degrado del legno stava facendo il suo corso, un processo lento e naturale, conferendo ad ogni mattonella una patina diversa, una sua identità. Seguendo la pavimentazione si arriva dentro l'edificio dove si nota subito una differenza tra le mattonelle esterne ed interne: la protezione della copertura ha permesso una migliore conservazione del legno. Inoltre le mattonelle interne sono state trattate diversamente rispetto a quelle esterne. La differenza del livello di degrado e di finitura automaticamente informa sul cambio di ambiente.

Mi sono chiesta come mai i progettisti avessero fatto questa scelta. È probabile che il principale motivo sia da ricondurre ad un discorso di continuità con la pavimentazione esistente. Ma come come mai continuare anche all'interno? È difficile trovare uno scopo funzionale a tale scelta. Nell'ampio catalogo dei materiali, ne esistono di più resistenti e più semplici da mantenere. Ciò che mi hanno dimostrato è che la scelta più utile e conveniente non è sempre la più giusta. La scelta di questa pavimentazione è frutto delle menti esperte di un gruppo di architetti che hanno saputo cogliere intuitivamente altri fattori che avrebbero reso quel materiale giusto per quel luogo. Non si tratta solo di trovare il materiale, bisogna scegliere anche aspetti come la forma, il colore, la finitura, le caratteristiche acustiche, l'elasticità, la

sensazione tattile. Difficilmente i progettisti avrebbero scelto un pavimento in parquet cerato per quell'ambiente, sarebbe stato dissonante. La scelta dei materiali e il contesto in cui decidiamo di inserirli cambia l'esperienza architettonica.



Figura n. 2. A sinistra, immagine della pavimentazione esterna alla Fondazione Prada; a destra, immagine della pavimentazione interna alla Fondazione Prada.

Elemento: luce, ombra

Nella progettazione, è l'illuminotecnica (indirizzo della fisica) «che si occupa delle questioni attinenti all'illuminazione appropriata degli ambienti»²¹⁰.

Fondamentalmente esistono due sorgenti per l'illuminazione: il sole, quindi la luce naturale, che si distingue tra radiazione solare diretta e radiazione diffusa dalla volta celeste e la luce artificiale. La luce artificiale, per quanto possa essere costruita per corrispondere allo spettro della luce naturale, ancora non è in grado di imitare la variazione dello spettro luminoso della luce diurna, che si verifica nelle diverse stagioni e condizioni atmosferiche²¹¹.

Per un corretto progetto illuminotecnico è necessario rispondere alle esigenze di tre ambiti: quello dell'individuo, quello economico e ambientale e quello dell'architettura. Per ciò che concerne questa tesi, ci interessa vedere alcuni aspetti del rapporto individuo-luce, in particolare, l'impatto della luce, soprattutto naturale, sull'uomo. Infatti, la luce ha un impatto fisiologico sulle persone.

L'illuminazione può influenzare le prestazioni delle persone attraverso il *sistema visivo*, attraverso il *sistema circadiano* (anche definito *sistema non visivo*) e attraverso il *sistema percettivo*²¹². «Le capacità del sistema visivo sono determinate dalle condizioni di illuminazione. Lo stato del sistema circadiano è influenzato principalmente dal ciclo luce-buio. Il “messaggio” trasmesso dal sistema percettivo è influenzato da molti fattori, l'illuminazione è solo uno di questi»²¹³.

Il sistema visivo è responsabile della visione. Nel precedente Capitolo (*Elementi per la comprensione*) abbiamo visto come funziona il sistema visivo: l'occhio è lo strumento che riceve lo stimolo prodotto dalla luce; i fotorecettori (coni e bastoncelli), che costituiscono la retina, traducono lo stimolo prodotto dalla luce in un segnale nervoso che ci consente di vedere; infine, attraverso il nervo ottico, il segnale nervoso raggiunge un'area del cervello deputata alla visione. «L'effetto dell'illuminazione sulla visione è l'impatto più evidente della luce sull'uomo. [...] Qualsiasi stimolo per il sistema visivo può essere descritto da cinque parametri fondamentali: dimensione visiva, contrasto di luminanza, differenza di colore, qualità dell'immagine retinica e

²¹⁰ Treccani, *illuminotecnica* <<https://www.treccani.it/enciclopedia/illuminotecnica/>>, in <https://www.treccani.it/>.

²¹¹ Peter Boyce, Claudia Hunter, Owen Howlett, *The Benefits of Daylight through Windows*, in “Rensselaer Polytechnic Institute”, Troy, 2003, p. 2.

²¹² Peter Boyce, Claudia Hunter, Owen Howlett, *The Benefits of Daylight through Windows*, in “Rensselaer Polytechnic Institute”, Troy, 2003, p. 9.

²¹³ Peter Boyce, Claudia Hunter, Owen Howlett, *The Benefits of Daylight through Windows*, in “Rensselaer Polytechnic Institute”, Troy, 2003, p. 9.

illuminazione retinica»²¹⁴. Questi parametri ci servono per «determinare la misura in cui il sistema visivo può rilevare e identificare lo stimolo»²¹⁵.

La direzione dell'effetto è tale che quanto più grandi sono le dimensioni visive, quanto più elevato è il contrasto di luminanza, quanto maggiori sono le differenze di colore, quanto migliore è la qualità dell'immagine retinica e quanto più elevata è l'illuminazione retinica, tanto più veloci e fini saranno le prestazioni del sistema visivo. È l'interazione tra le caratteristiche del compito e la quantità, lo spettro e la distribuzione dell'illuminazione del compito a determinare il livello di prestazione raggiunto²¹⁶.

All'interno del nostro apparato visivo sono presenti anche i fotorecettori ipRGC (*intrinsically photosensitive ganglion cells*). Analogamente ai coni e ai bastoncelli, gli ipRGC vengono stimolati dalla radiazione luminosa che entra nell'occhio, ma diversamente questi fotorecettori portano il segnale al nucleo soprachiasmatico (SCN), nella regione dell'ipotalamo, connesso al controllo dei ritmi circadiani. Il sistema non visivo è quindi responsabile della regolazione dell'orologio biologico umano.

I ritmi circadiani sono ritmi del nostro organismo regolati su un ciclo di circa 24 ore, come il ritmo sonno-veglia e il ritmo di regolazione della temperatura corporea. I sistemi circadiani sono «una rappresentazione interna della notte e del giorno esterni. Questa rappresentazione interna non è solo una risposta passiva alle condizioni esterne, ma è piuttosto predittiva delle condizioni esterne a venire»²¹⁷. Il sistema circadiano è composto da un oscillatore endogeno (situato nei nuclei soprachiasmatici), da degli oscillatori esogeni i quali possono resettare l'oscillatore endogeno e la melatonina²¹⁸, un «ormone messaggero» che «che trasporta le informazioni sul “tempo” interno a tutte le parti del corpo attraverso il flusso sanguigno»²¹⁹. «In assenza di luce e di altri stimoli, l'oscillatore interno continua a

²¹⁴ Peter Boyce, Claudia Hunter, Owen Howlett, *The Benefits of Daylight through Windows*, in “Rensselaer Polytechnic Institute”, Troy, 2003, p. 10.

²¹⁵ Peter Boyce, Claudia Hunter, Owen Howlett, *The Benefits of Daylight through Windows*, in “Rensselaer Polytechnic Institute”, Troy, 2003, p. 10.

²¹⁶ Peter Boyce, Claudia Hunter, Owen Howlett, *The Benefits of Daylight through Windows*, in “Rensselaer Polytechnic Institute”, Troy, 2003, p. 10.

²¹⁷ Peter Boyce, Claudia Hunter, Owen Howlett, *The Benefits of Daylight through Windows*, in “Rensselaer Polytechnic Institute”, Troy, 2003, p. 19.

²¹⁸ La melatonina, chiamata anche *ormone del sonno*, è sintetizzata dalla ghiandola pineale quando ci troviamo nelle condizioni di buio. La soppressione della melatonina avviene con gli stimoli inviati dai ipRGC.

²¹⁹ Peter Boyce, Claudia Hunter, Owen Howlett, *The Benefits of Daylight through Windows*, in “Rensselaer Polytechnic Institute”, Troy, 2003, p. 19.

funzionare, ma con un periodo superiore alle ventiquattro ore»²²⁰. Per riallineare l'oscillatore endogeno alle 24 ore servono gli stimoli esterni, e lo stimolo più potente è il ciclo luce-buio fra il giorno e la notte²²¹. È stato dimostrato che se i ritmi circadiani non funzionano correttamente può influire sulla salute e sulle prestazioni dell'uomo.

Il terzo sistema è quello *percettivo*:

Il sistema percettivo subentra una volta che l'immagine retinica è stata elaborata dal sistema visivo. L'output del sistema percettivo che più probabilmente modifica l'umore e il comportamento dell'osservatore, soprattutto se il lavoro è prolungato, è un senso di disagio. Le condizioni di illuminazione in cui è difficile raggiungere un livello elevato di prestazioni visive saranno considerate disagiati, così come le condizioni in cui l'illuminazione porta a distrarsi dal compito, come può accadere in presenza di abbagliamento e sfarfallio. Ma la percezione è molto più sofisticata della semplice sensazione di disagio visivo. In un certo senso, ogni impianto di illuminazione invia un "messaggio" sulle persone che l'hanno progettato, che l'hanno acquistato, che ci lavorano sotto, che ne curano la manutenzione e sul luogo in cui si trova. Gli osservatori interpretano il "messaggio" in base al contesto in cui si verifica e alla propria cultura, preferenze e aspettative. L'importanza di questo "messaggio" è a volte sufficiente a far passare in secondo piano condizioni che potrebbero causare disagio, come dimostra il fatto che condizioni di illuminazione che sarebbero considerate estremamente scomode in un ufficio sono positivamente desiderate in una discoteca. In base al "messaggio", è possibile modificare l'umore e il comportamento dell'osservatore²²².

Inoltre, per ciò che concerne il sistema percettivo e la luce diurna, è stato visto che:

La luce del giorno è chiaramente preferita alla luce elettrica come fonte di illuminazione. Le finestre sono apprezzate soprattutto per la luce diurna e la vista che offrono. Gli spazi privi di finestre sono generalmente sgraditi, soprattutto quando lo spazio è piccolo e gli stimoli disponibili sono scarsi. Data questa chiara preferenza per la luce diurna, si potrebbe pensare che la presenza di finestre migliori l'umore, ma questo è stato difficile da dimostrare. Inoltre, è facile osservare che le persone rinunciano alla luce diurna quando questa è associata a un disagio visivo o termico o a una perdita di privacy²²³.

«Nella ricerca di una forma d'arte radicalmente ridotta che espandesse il coinvolgimento immaginativo dell'osservatore, alcuni artisti hanno scelto di creare arte

²²⁰ Peter Boyce, Claudia Hunter, Owen Howlett, *The Benefits of Daylight through Windows*, in "Rensselaer Polytechnic Institute", Troy, 2003, p. 19.

²²¹ Peter Boyce, Claudia Hunter, Owen Howlett, *The Benefits of Daylight through Windows*, in "Rensselaer Polytechnic Institute", Troy, 2003, p. 19.

²²² Peter Boyce, Claudia Hunter, Owen Howlett, *The Benefits of Daylight through Windows*, in "Rensselaer Polytechnic Institute", Troy, 2003, p. 11.

²²³ Peter Boyce, Claudia Hunter, Owen Howlett, *The Benefits of Daylight through Windows*, in "Rensselaer Polytechnic Institute", Troy, 2003, p. 26.

esclusivamente con la luce e il colore, o semplicemente con la luce»²²⁴. Kandel scrive del lavoro di Dan Flavin e James Turrell²²⁵.

Il primo lavoro dell'artista americano Flavin che aveva come protagonista la luce è *the diagonal of May 25, 1963 (to Constantin Brancusi)*. Comprò al supermercato una luce fluorescente gialla, «un mezzo che sarebbe diventato il suo marchio di fabbrica»²²⁶, e la collocò a 45 gradi contro la parete della galleria a New York in Dia Chelsea 541 West 22nd Street. «Chiamò questo tubo fluorescente la sua “diagonale di estasi personale”»²²⁷. Le sue opere successive hanno proseguito lungo questa strada. La luce fluorescente è diventata protagonista del suo lavoro: è diventata l'opere d'arte. «I pezzi di Flavin sfidano la nozione convenzionale di arte come oggetto»²²⁸ osserva Kandel, e continua dicendo:

La luce emana dalle lampade, pervade l'atmosfera e si riflette allo stesso modo su pareti, pavimenti e sullo stesso spettatore, offuscando la distinzione tra noi e l'opera d'arte e facendoci diventare parte di essa. La seducente atmosfera di colore e luce di Flavin instaura un rapporto unico con l'osservatore: quando siamo in presenza di una delle costruzioni di Flavin, ci occupiamo della sua luce e sostanzialmente ignoriamo il resto dell'illuminazione nella stanza²²⁹.

Diversamente da Dan Flavin, che creava atmosfere con luce e colore, il soggetto di James Turrell è la pura luce e lo spazio²³⁰. Come segnala Kandel, il critico d'arte del *New Yorker* Calvin Tomkins descrisse il lavoro di Turrell: «è luce, è la presenza fisica della luce resa manifesta in forma sensoriale»²³¹. Turrell era particolarmente interessato all'effetto *Ganzfeld* — termine tedesco che può essere tradotto in 'intero

²²⁴ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrieri, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. 171.

²²⁵ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrieri, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. 171.

²²⁶ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrieri, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. 171.

²²⁷ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrieri, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. 171.

²²⁸ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrieri, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. 173.

²²⁹ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrieri, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. 173.

²³⁰ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrieri, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. 173.

²³¹ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrieri, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. 175.

campo visivo' — «descrive l'esperienza di un esploratore artico sulla neve o di un pilota che naviga in una fitta nebbia»²³²; questo effetto si palesa quando tutto il nostro campo visivo e dello stesso colore e luminosità; quando ci sono queste condizioni, il nostro sistema visivo si spegne²³³. «Quando una situazione del genere si verifica per un lungo periodo di tempo, è probabile che compaiano delle allucinazioni. Tale fenomeno è sperimentato anche dai prigionieri detenuti in celle di isolamento»²³⁴. E questo interesse per l'effetto Ganzfeld si nota nei suoi lavori, come in *End Around: Ganzfeld*, dove i visitatori sono invitati ad entrare in una sala bianca con bordi smussanti e con una luce al neon blu. Dal 1966 Turrell si è interessato alla percezione dello spazio delle persone e di come questa percezione possa essere alterata²³⁵. Uno dei suoi lavori più famosi sull'alterazione della percezione dello spazio è *Afrum I (White)*: in un angolo della stanza è stato collocato, tra il soffitto e il pavimento, un cubo luminoso; ma in realtà non si tratta di un cubo, quando il visitatore si avvicina si rende conto che si tratta di un piano della luce²³⁶.

L'occhio è l'organo della distanza e della separazione, mentre il tatto è il senso di vicinanza, intimità e affetto. L'occhio osserva, controlla e indaga, mentre il tatto si avvicina e accarezza. Durante le esperienze emotive forti, tendiamo a chiudere il senso di distanza della vista; chiudiamo gli occhi quando sogniamo, ascoltiamo la musica o accarezziamo i nostri cari. Le ombre profonde e l'oscurità sono essenziali, perché attenuano la nitidezza della visione, rendono ambigua la profondità e la distanza, e invitano alla visione periferica inconscia e alla fantasia tattile²³⁷.

Nel suo libro *The Eyes of the Skin*, Pallasmaa affronta una questione forse sottovalutata da tempo nella progettazione: l'importanza delle *ombre*. Abbiamo privilegiato un'illuminazione uniformemente distribuita nei nostri ambienti dimenticandoci del significato delle ombre. Ma come ha notato Pallasmaa, quando dobbiamo pensare, concentrarci, riposarci, la «nitidezza della visione deve essere

²³² Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrierio, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. 175.

²³³ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrierio, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. 175.

²³⁴ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrierio, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. 175.

²³⁵ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrierio, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. 177.

²³⁶ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrierio, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. 177.

²³⁷ Juhani Pallasmaa, *The Eyes of the Skin. Architecture and the Senses*, Gran Bretagna, Wiley-Academy, 2005, p. 46.

soppressa», perché la nostra mente necessita di uno sguardo non focalizzato²³⁸. «La luce brillante omogenea paralizza l'immaginazione allo stesso modo in cui l'omogeneizzazione dello spazio indebolisce l'esperienza dell'essere e cancella il senso del luogo. L'occhio umano è perfettamente sintonizzato per il crepuscolo piuttosto che per la luce del giorno»²³⁹. L'ombra è anche uno strumento: le ombre modellano, evidenziano la tridimensionalità definendo la forma. I pittori usano l'ombra per dare profondità; gli scultori la usano per definire i volumi; gli architetti per evidenziare i pieni e i vuoti. «L'ombra dà forma e vita all'oggetto in luce»²⁴⁰.

«Nel nostro tempo, la luce si è trasformata in una mera questione quantitativa e la finestra ha perso il suo significato di mediatore tra due mondi, tra chiuso e aperto, interiorità ed esteriorità, privato e pubblico, ombra e luce»²⁴¹. Il significato perduto di cui parla Pallasmaa è quello del ruolo della finestra: se prima il muro e la finestra operavano insieme come confine tra ambiente esterno e interno, adesso «la finestra si è trasformata in una mera assenza del muro»²⁴². In architettura le grandi finestre vetrate sono ampiamente utilizzate, apprezzate soprattutto per la proprietà del materiale in sé: la *trasparenza*. Tuttavia, la trasparenza, letterale ma anche la trasparenza di significato, sacrificano l'intimità che potrebbe invece riservarci il muro, l'ombra.

Elemento: forma, simmetria

In uno studio di fMRI di Irving Biederman e Edwards Vessel, di cui parleremo più approfonditamente nel Capitolo *Avventure*, è stato dimostrato che la vista di forme curve o irregolari, diversamente dalle forme con linee rette, comporta una più alta attività paraippocampale e questo può indicare un maggiore rilascio di oppioidi²⁴³.

²³⁸ Juhani Pallasmaa, *The Eyes of the Skin. Architecture and the Senses*, Gran Bretagna, Wiley-Academy, 2005, p. 46.

²³⁹ Juhani Pallasmaa, *The Eyes of the Skin. Architecture and the Senses*, Gran Bretagna, Wiley-Academy, 2005, p. 46.

²⁴⁰ Juhani Pallasmaa, *The Eyes of the Skin. Architecture and the Senses*, Gran Bretagna, Wiley-Academy, 2005, p. 46.

²⁴¹ Juhani Pallasmaa, *The Eyes of the Skin. Architecture and the Senses*, Gran Bretagna, Wiley-Academy, 2005, p. 47.

²⁴² Juhani Pallasmaa, *The Eyes of the Skin. Architecture and the Senses*, Gran Bretagna, Wiley-Academy, 2005, p. 47.

²⁴³ Per approfondire vedi: Irving Biederman, Edward Vessel, *Perceptual Pleasure and the Brain*, in "American Scientist", Vol. 94, 2006, pp. 247-253. Consultabile online: <https://www.americanscientist.org/article/perceptual-pleasure-and-the-brain>.

Elemento: colore

Il colore che utilizziamo negli ambienti influisce sulla nostra percezione della forma, dello spazio e dell'ambiente. Con il colore possiamo dare la percezione di accorciare, allungare, stringere, abbassare, evidenziare, ampliare, allargare. Anche il contrasto può essere uno strumento. Nel Capitolo *Colore e cervello* del volume *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, Eric Kandel spiega come il nostro occhio vede i colori. La visione del colore dipende dai cono:

L'informazione elaborata dai cono, come quella elaborata dai bastoncelli, è codificata nella corteccia. I nostri occhi hanno tre diversi tipi di cono. Ciascuno contiene un differente pigmento fotosensibile, una molecola che converte l'informazione sulla luce in segnali neuronali, e ciascuno è sensibile a un particolare intervallo di lunghezze d'onda nello spettro della luce visibile. La nostra visione cattura la banda, relativamente stretta, delle lunghezze d'onda della luce solare che raggiunge la Terra in modo più intenso, che è anche la banda di lunghezze d'onda che riesce ad attraversare l'atmosfera terrestre, che assorbe le lunghezze d'onda più corte e più lunghe²⁴⁴. [...]

Noi percepiamo il colore sulla base della luminanza, la quantità di luce che arriva alla nostra retina. [...] L'apparenza di un oggetto dipende anche in larga misura dal contrasto tra l'immagine e ciò che la circonda. Così, per esempio, anche se gli anelli grigi nella figura 10.5 hanno luminosità identiche, sembrano diversi perché il loro sfondo produce contrasti differenti.

Il nostro cervello prende continuamente decisioni sulla quantità di luce che entra nelle nostre retine, scartando l'informazione sull'illuminazione ed estraendo l'informazione sulla riflettanza della superficie²⁴⁵.

*(Perché) gli architetti dovrebbero interessarsi alle neuroscienze?*²⁴⁶

Michael Arbib espone tre differenti modi per indagare il rapporto tra architettura e neuroscienza. Il primo riguarda le *neuroscienze dell'esperienza di architettura*; il secondo l'*architettura neuromorfica* ('architettura' è qui intesa come 'architettura dell'ambiente costruito'); infine, le *neuroscienze del processo progettuale*²⁴⁷.

²⁴⁴ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrierio, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. 160.

²⁴⁵ Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrierio, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017, p. 160.

²⁴⁶ Juhani Pallasmaa, Harry Francis Mallgrave, Michael Arbib, *Architecture and Neuroscience*, Finlandia, Tapio Wirkkala Rut Bryk Foundation 2013, p. 43.

²⁴⁷ Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, pp. 79-85.

Partendo dalle *neuroscienze dell'esperienza di architettura*, Arbib si chiede «come possono aiutare le neuroscienze l'architetto che progetta un edificio per coloro la cui esperienza è molto diversa dalla sua? Per esempio, come si potrebbe progettare un edificio che consenta di mantenere gli anziani vigili mentre si spostano nei propri ambienti?»²⁴⁸. Abbiamo accennato nel precedente capitolo all'area del cervello che si trova nella zona mediana del lobo temporale: l'*ippocampo*, area che gioca un ruolo importante nell'*orientamento spaziale* e nella creazione della *memoria episodica*²⁴⁹: «una componente della memoria dichiarativa che si riferisce alla memoria per gli eventi passati esperiti personalmente»²⁵⁰. L'ippocampo è diventato di grande interesse soprattutto in seguito al caso di Henry Gustav Molaison, il quale fin da giovane era affetto da una forma di epilessia incontrollabile. In seguito alla rimozione di un'ampia porzione del cervello al centro dell'ippocampo, perse la memoria episodica, quindi non fu più in grado di costruire nuove memorie di episodi, ma poteva ricordare gli episodi della sua vita prima dell'intervento²⁵¹. Tuttavia, aveva ancora una *memoria funzionale*: «l'abilità di ricordare oggetti importanti per un'attività che stava svolgendo, ma una volta cessata l'attività, questa memoria transitoria non poteva più essere riattivata»²⁵². Ciò che è interessante era la sua abilità di acquisire nuove capacità, dopo l'intervento aveva conservato una *memoria procedurale*:

se un giorno una persona aveva giocato con lui a un nuovo gioco da tavolo (ricordiamo: H.M. era in grado di attivare la memoria in maniera transitoria), il giorno successivo avrebbe insistito di non aver mai visto il gioco da tavolo. E così sarebbe stato nei giorni

²⁴⁸ Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 85.

²⁴⁹ Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 85.

²⁵⁰ Dale Purves, Roberto Cabeza, Scott A. Huettel, Kevin S. LaBar, Michael L. Platt, Marty G. Woldorff, *Neuroscienze cognitive*, seconda edizione, Zanichelli 2015, p. 10 del Glossario.

²⁵¹ Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 85.

²⁵² Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 86.

successivi. Tuttavia, la sua abilità continuava a migliorare, visto che giocava ogni giorno²⁵³.

In sintesi, «l'ippocampo gioca un ruolo cruciale nella creazione della memoria episodica, e tuttavia la corteccia cerebrale è ancora capace di ritenere vecchi ricordi, una volta che sono stati consolidati, anche quando l'ippocampo è stato rimosso»²⁵⁴. Inoltre la memoria procedurale può essere sviluppata anche senza l'ippocampo²⁵⁵. Il caso di Molaison è di grande interesse per i neuroscienziati perché ha fornito nuove informazioni sull'interazione fra la corteccia cerebrale, l'ippocampo e altre regioni come i gangli basali e il cervelletto.

L'ippocampo è importante anche per l'orientamento spaziale. Studi sull'ippocampo dei ratti²⁵⁶ hanno dimostrato che «alcune cellule tendevano a rispondere non a ciò che il ratto vedeva o faceva, ma a dove si trovava nel laboratorio»²⁵⁷. Queste cellule furono chiamate *place cells* (tradotto 'cellule di posizione').

Una singola cellula non dice molto a noi (o al ratto). Tuttavia una delle proprietà interessanti del cervello appena arriviamo al livello circuitale delle cellule è il *population coding*. Nessun singolo neurone "conosce" qualcosa con qualsivoglia precisione, perché la popolazione dei neuroni codifica la conoscenza fra di essi. Nell'esempio di cui sopra una cellula potrebbe segnalare "sei qui da qualche parte" e una altra cellula potrebbe avvisarti che "sei un po' troppo sopra" o che "sei un po' troppo sulla destra", e fra di loro la popolazione comunica al ratto proprio l'informazione precisa di dove si trovi. Naturalmente uno dei grandi misteri delle neuroscienze è come noi, o il ratto, abbiamo un'esperienza incarnata dell'essere in uno specifico luogo quando le cellule si attivano in un'ampia regione della mappa. Una risposta parziale è che l'esperienza individuale rafforza selettivamente le sinapsi e collega i neuroni di luogo (*place neurons*) ai neuroni situati in altre parti del cervello che rappresentano le esperienze sensoriali, motorie e di altro tipo

²⁵³ Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 86.

²⁵⁴ Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 86.

²⁵⁵ Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 86.

²⁵⁶ J. O'Keefe, J.O. Dostrovsky, *The Hippocampus as a Spatial Map: Preliminary Evidence from Unit Activity in the Freely Moving Rat*, in "Brain Research", Vol. 34 (1971), pp. 171-175.

²⁵⁷ Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 86.

che il ratto ha provato mentre attraversava le regioni con cui ogni cellula di posizione si correla²⁵⁸.

Tramite il *brain imaging*, i neuroscienziati hanno dimostrato che nell'uomo «l'ippocampo destro lavora con altre regioni del cervello all'elaborazione di mappe spaziali su archi temporali sia lunghi sia brevi, partecipando tanto alla codificazione quanto al richiamo della memoria topografica»²⁵⁹.

Arbib conclude dicendo:

Tutto ciò rende l'ippocampo molto interessante per i suggerimenti che può offrire sia alla nostra *navigazione nel tempo*, la memoria episodica come è stata studiata negli esseri umani, sia alla nostra *navigazione nello spazio*, come dimostrano le cellule di posizione che ci portano fino al livello circuitale nell'ippocampo. È questa la ragione per cui le neuroscienze dell'ippocampo e le relative regioni cerebrali diventano importanti non solo nell'orientamento spaziale (*wayfinding*), come una componente o una proprietà particolare di un edificio, ma per il modo in cui gli edifici possono agire come archivi della memoria umana, e così essi potrebbero venire organizzati con un'attenzione particolare per le persone la cui memoria è danneggiata²⁶⁰.

Il secondo modo per investigare il rapporto tra architettura e neuroscienza proposto da Michael Arbib è quello *dell'architettura neuromorfica*. Egli si pone la domanda: «che cosa succederebbe se un edificio avesse un “cervello” o, più precisamente, un sistema nervoso?²⁶¹». Analogamente all'uomo, «se un edificio avesse un “cervello”, il suo corpo circonderebbe il suo mondo»²⁶². Arbib immagina una futuristica «infrastruttura interattiva», che si comporta come il sistema nervoso. L'edificio, ad esempio, «potrebbe contenere qualcosa di cognitivamente equivalente alla

²⁵⁸ Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, pp. 86-87.

²⁵⁹ Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 87.

²⁶⁰ Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 87.

²⁶¹ Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 87.

²⁶² Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 87.

funzione dell'ippocampo»²⁶³, permettendogli di «tenere traccia delle persone all'interno dell'edificio e forse comunicare con loro per fornire un livello di sostegno umano completamente nuovo, adattivo»²⁶⁴. Edifici non statici ma dinamici, che interagiscono con le persone e che si riconfigurano per esse. Anche gli oggetti dell'arredamento sarebbero «robot percettivi» in grado di rispondere dinamicamente alle esigenze degli abitanti²⁶⁵.

Nell'ultima area — *le neuroscienze del processo progettuale* — Arbib propone «delle idee che potrebbero costituire parte delle fondamenta per il lavoro futuro in questo ambito»²⁶⁶. Apre il discorso citando il saggio di Peter Zumthor, *Un modo di vedere le cose*, del libro *Pensare architettura*:

quando penso all'architettura, dentro di me scaturiscono delle *immagini*. [...] Quando progetto mi trovo ripetutamente immerso in vecchi e *quasi dimenticati ricordi*. [...] Mentre nel contempo so che tutto è *nuovo*, diverso e che nessuna citazione diretta di un'architettura anteriore può tradire il segreto di un'atmosfera piena di ricordi. *Costruire è l'arte di conformare un tutt'uno dotato di senso, a partire da una molteplicità di parti singole*. [...] Guardo con rispetto all'arte del congiungere, alla capacità dei costruttori, degli artigiani e degli ingegneri. Il sapere dell'uomo relativo alla realizzazione delle cose. Ma a differenza dell'artista, devo partire dalle incombenze funzionali e tecniche. L'architettura è chiamata a sfidare *la creazione di un tutt'uno a partire da innumerevoli componenti singole*, distinte nella funzione e nella forma, nei materiali e nelle dimensioni. [...] I dettagli [...] inducono alla comprensione del tutto, alla cui essenza necessariamente appartengono²⁶⁷.

«Che cos'è un'immagine? Le immagini possono essere molto precise, come per esempio la fotografia patinata di un'architettura, o potrebbero rappresentare qualche

²⁶³ Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 87.

²⁶⁴ Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 87.

²⁶⁵ Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 88.

²⁶⁶ Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 88.

²⁶⁷ Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, pp. 88-89.

generica sensazione, forse multimodale, di alcuni aspetti dell'edificio»²⁶⁸. Dice Arbib. E continua:

potremmo approfondire come progetto per le neuroscienze la questione riguardante la varietà delle immagini: come possono parti diverse del cervello collaborare alla creazione di immagini? Come cambiano quelle stesse immagini? Senza scendere nel dettaglio, potremmo prendere in considerazione testi classici sulla percezione visiva e sull'immaginario come i lavori di Ernst H. Gombrich e Richard L. Gregory, quelli sull'immaginario motorio di Marc Jeannerod e gli studi sull'immaginario utilizzando il *brain imaging* umano. Nel 2013, per esempio, Passingham e i suoi colleghi furono in grado di distinguere le regioni del cervello coinvolte nel richiamo di informazioni recenti e legate al contesto da quelle coinvolte negli altri processi, come l'immaginario visivo, la ricostruzione di scene e l'elaborazione autoreferenziale. La sfida affascinante è di passare da questa analisi area per area all'accesso alle interazioni intricate di *pattern* dettagliati dell'attività neuronale attraverso aree multiple, per capire come la plasticità neuronale codifichi i frammenti di esperienza e per tracciare il modo in cui il cervello, sottilmente ricablato, possa poi rispondere in modi nuovi ai diversi compiti e contesti – insieme all'abilità nello scegliere contesti stimolanti –, che è uno dei tratti distintivi della creatività. L'ippocampo potrebbe lavorare con la corteccia cerebrale per ricordare qualche episodio, mentre altre parti del cervello potrebbero lavorare per mettere in gioco alcuni aspetti di un'abilità generica. “Ricordi parzialmente dimenticati” – alcuni momenti specifici, alcuni sentimenti generici, alcune abilità procedurali – tutto serve per riformulare le attuali direzioni verso le quali l'immaginazione può orientare il processo progettuale²⁶⁹.

ANFA

Un primo concreto incoraggiamento a questa ricerca interdisciplinare è stata la fondazione dell'Academy of Neuroscience for Architecture (ANFA). All'inizio l'ANFA venne costituita nel 2002 come un Legacy Project del capitolo dell'American Institute of Architects (AIA) di San Diego; ma fu ufficialmente costituita nel 2003, anno in cui il College of Fellows dell'AIA annunciò che l'ANFA e il suo presidente fondatore, John Paul Eberhard, avevano vinto il Latrobe Prize — un premio per ricerche che avrebbero portato a significativi progressi nella professione dell'architetto.

John Paul Eberhard, nel capitolo intitolato *Architettura e Neuroscienze: una doppia elica* del libro *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, racconta la nascita dell'ANFA. Norman Koonce, Presidente dell'American Architectural Foundation (AAF), e Syl Damianos, Chancellor del College of Fellows of the American Institute of Architects (AIA), domandarono a John Paul Eberhard se

²⁶⁸ Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 90.

²⁶⁹ Michael Arbib, *Verso le neuroscienze del processo progettuale*, in *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, trad. e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, Firenze University Press 2021, p. 90.

fosse interessato ad organizzare un corso per rispondere alla sfida del dottor Salk. Nonostante fosse appena andato in pensione da direttore del Corso di Laurea in Architettura presso l'Università di Carnegie Mellon, non rifiutò l'offerta.

Durante la cerimonia per il conferimento del venticinquesimo premio dell'AIA al Salk Institute nel 1994, il dottor Jonas Salk suggerì al comitato esecutivo dell'AIA «di esplorare la questione di come gli ambienti architettonici influenzino la mente e, di conseguenza, il comportamento»²⁷⁰. La sfida lanciata dal dottor Salk nasceva dalla sua esperienza personale e Eberhard ne parla nel suo capitolo:

Mentre lavorava nel proprio laboratorio alla University of Pittsburgh School of Medicine, il dottor Salk affrontò il problema del sovraccarico mentale. Nel 1948 decise di quantificare i diversi tipi di virus della poliomielite, ma presto ampliò il suo obiettivo fino a sviluppare un vaccino contro la poliomielite. Per sette anni, lui e un qualificato gruppo di ricerca affrontarono ciò che al tempo la maggior parte delle persone considerava il più pauroso problema di salute pubblica negli Stati Uniti. Nel 1952 vennero riportati circa 58.000 casi di poliomielite; 3.145 persone morirono e 21.269 restarono con una paralisi da leggera a disabilitante; la maggior parte delle vittime furono bambini.

Il dottor Salk comprese l'importanza del proprio lavoro mentre guardava dei bambini giocare, rendendosi conto che migliaia di loro non avrebbe più camminato se avesse contratto la poliomielite. Accettò questa enorme responsabilità e vi si dedicò con un ritmo frenetico. Fu a questo punto che sentì che la sua mente era "sovraccarica" e che aveva bisogno di allontanarsi per riprendersi.

Nonostante le ragioni della scelta della sua destinazione non siano note, il dottor Salk decise di ritirarsi nella Basilica di Assisi. [...] È possibile che il dottor Salk fosse ospite di qualche frate del convento e che gli fosse stata data una stanza nella quale stare durante il suo soggiorno in quel luogo.

L'esperienza ad Assisi gli lasciò un'impressione profonda, tanto che molti anni dopo il dottor Salk attribuiva a quel contesto architettonico l'aiuto che gli permise di compiere quella svolta intellettuale che da ultimo lo portò alla creazione del vaccino contro la poliomielite. [...]

È interessante che il Salk Institute a La Jolla, in California – costruito nel 1963, con Louis Kahn come architetto – abbia con il mare la stessa relazione che Assisi intrattiene con il paesaggio circostante. E funziona anche proprio come un monastero, avendo reparti che permettono agli scienziati senior che lavorano lì di ritirarsi in un luogo dove regna il silenzio²⁷¹.

²⁷⁰ *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, traduzione e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, University Press, 2021, p. 128.

²⁷¹ *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, a cura di Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa, traduzione e cura dell'edizione italiana di Matteo Zambelli, Firenze, University Press, 2021, pp.127-129.

Oggi la missione dell'ANFA è «promuovere e far progredire la conoscenza che collega la ricerca neuroscientifica alla crescente comprensione delle risposte dell'uomo all'ambiente costruito»²⁷².

²⁷² ANFA <<https://www.anfarch.org>>.

Avventure

Continuando il dialogo fra architettura e neuroscienze, di seguito parlerò di alcuni casi studio di particolare interesse per comprendere come le conoscenze delle neuroscienze potrebbero cambiare la progettazione architettonica. Queste iniziative stanno essenzialmente seguendo due approcci: misurare e analizzare le risposte psicofisiologiche²⁷³ negli ambienti costruiti, oppure, attingere dagli studi condotti dalla ricerca neuroscientifica le informazioni per formulare delle ipotesi progettuali.

Bisogna tenere presente che le persone equipaggiate delle attrezzature per effettuare queste misurazioni, sono consapevoli di esse, e questo avrà una certa influenza sulle loro risposte. Spesso gli esperimenti sono condotti in ambienti completamente controllati, il che ovviamente comporta dei benefici in termini di sicurezza delle risposte. Tuttavia, l'osservazione degli utenti in un contesto reale, e non simulato in condizioni di laboratorio, potrebbe essere l'occasione per offrire alla ricerca uno spettro di spunti inediti.

Attualmente i progetti che dichiarano un coinvolgimento con le neuroscienze non sono molti, ma sempre più architetti stanno intraprendendo questa avventura. A prova di questo crescente interesse nel creare un ponte tra i due campi, basti osservare l'aumento del numero di associazioni e di studi di architettura che operano per raccogliere nuove informazioni e divulgare le scoperte.

Caso studio di Aoun

Richard Georges Aoun, durante la conferenza del 2006 dell'ANFA, ha presentato uno studio dal titolo *Emotional Design in Architecture*. La ricerca vuole dimostrare che le caratteristiche architettoniche possono influenzare l'umore delle persone, inoltre, si propone di spiegare i diversi effetti degli elementi architettonici su particolari emozioni. Due partecipanti sono stati sottoposti a mappatura cerebrale, mediante l'uso di cuffia EEG *neuro-headset* portatile, durante la loro esperienza in contesti architettonici e urbani della città di Barcellona, come la Sagrada Familia e il Padiglione

²⁷³ Quando si parla di risposte fisiologiche ci si riferisce a tutte quelle reazioni che avvengono nel corpo quando ci troviamo di fronte ad uno stimolo emotivo, come l'aumento dei battiti cardiaci, la produzione di sudore, la contrazione o il rilassamento dei muscoli. L'intensità di un'esperienza emotiva può essere misurata tramite l'eccitazione e si misura l'eccitazione misurando la fisiologia. Le misure biometriche permettono di ottenere una lettura delle risposte fisiologiche che riflettono gli stati emotivi.
Fonte: Museum Next, *Shaping Museum Stories with Neuroscience* <<https://www.museumnext.com/article/shaping-museum-stories-with-neuroscience/>>, articolo in <https://www.museumnext.com>, 10/12/2020.

Barcellona. Sono stati individuati cinque elementi architettonici chiave: l'acqua, l'altezza del soffitto, la luce naturale, i colori e gli stili, ed è stato analizzato l'effetto che questi cinque elementi avevano su particolari emozioni, nello specifico: coinvolgimento, eccitazione, interesse, relax e stress. Dallo studio è stato notato che soffitti alti (4/6/12m), spazi vuoti e la luce naturale comportano un aumento del coinvolgimento; con l'acqua, la luce naturale, il colore verde, i soffitti alti (3,5/23m), gli spazi urbani e lo stile gotico c'è un aumento dell'eccitazione; ancora, l'acqua, i soffitti alti (4/6/12m), la luce naturale e lo stile gotico sono elementi che aumentano l'interesse; inoltre gli elementi come l'acqua, il colore verde, lo spazio urbano e i soffitti alti comportano un maggiore senso di relax; un aumento dello stress è stato notato in presenza di spazio vuoto, i soffitti bassi e la scarsa illuminazione naturale²⁷⁴.

Caso studio: ROOMS

Il 10 Novembre 2015, a Palazzo Badoer (sede dell'Università IUAV di Venezia) si tenne la Conferenza di presentazione di ROOMS, progetto di ricerca internazionale, finanziata da risorse pubbliche e promossa da TArch (laboratorio di ricerca di TA Office). Il progetto è nato da una condivisione di intenti tra Davide Ruzzon (fondatore e direttore di TA Office) e Vittorio Gallese. Nel progetto furono coinvolti anche Harry Francis Mallgrave, Juhani Pallasmaa, Alberto Perez-Gomez, Renato Bocchi e Rohit Shinkre, come comitato scientifico del progetto. Inoltre, facevano parte del consiglio: Meghal Arya, Sarah Robison, Alessandro Melis, Giovanni Vio e Manuel Palerm²⁷⁵. Il progetto si proponeva di investigare le relazioni emotive relative a quattro delle nostre più importanti esperienze quotidiane in quattro significativi luoghi pubblici: imparare, l'aula universitaria; curare, la camera di degenza in un ospedale; riunire, la sala delle assemblee politiche; partire, l'atrio di un aeroporto. «Verranno selezionati 40 edifici rappresentativi nei cinque continenti e confrontata la percezione di tali spazi, la dimensione multisensoriale dell'esperienza e le emozioni da parte di due categorie: progettisti ed architetti, utenti e fruitori degli spazi pubblici. I test verranno ripetuti 4 volte in un anno, coinvolgendo persone di ogni continente»²⁷⁶.

²⁷⁴ Richard Georges Aoun, *Emotional Design in Architecture*, conferenza ANFA "connections: bridgesynapses", Salk Institute, 2016.

²⁷⁵ Davide Ruzzon, "Rooms", *alla ricerca del corpo perduto* <<https://ilgiornaledellarchitettura.com/2017/02/06/rooms-alla-ricerca-del-corpo-perduto/>>, articolo in <https://ilgiornaledellarchitettura.com/06/03/2017>.

²⁷⁶ ROOMS *Space-Filled Voids*, <<http://www.iuav.it/Ricerca1/EVENTI-IUA4/Rooms---Sp/Rooms---Space-Filled-Voids-Press-Kit-ITA.pdf>>.

Il caso di uno studio italiano

Dal 2016 è iniziata una collaborazione tra lo studio di Architettura Lombardini22 con sede a Milano e Davide Ruzzon, per applicare le neuroscienze alla progettazione architettonica. Lombardini22 già dal 2013 aveva avviato un progetto culturale dal titolo *Empatia degli Spazi: la Neuroscienza a supporto del processo di progettazione architettonica*. Da questa collaborazione, nel 2017 è stato presentato TUNED: «sviluppa brief e progetti architettonici in grado di allineare le attese più profonde, che si innescano negli utenti ogni giorno, con la percezione e l'uso dello spazio»²⁷⁷.

Nel 2019 è partito il progetto di ricerca *NuArch* presso la sede di Parma dell'Istituto di Neuroscienze del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IN-CNR): «uno studio delle componenti architettoniche tramite registrazioni elettroencefalografiche in ambienti di realtà virtuale»²⁷⁸, diretto dal Prof. Giacomo Rizzolatti con la collaborazione di Davide Ruzzon e Giovanni Vecchiato, coordinatore del team di ricercatori costituito da Fausto Caruana e Pietro Avanzini. Giacomo Rizzolatti e Giovanni Vecchiato, il 24 giugno 2021, hanno presentato nello studio di Lombardini22 i primi risultati di NuArch (è stato stimato che la ricerca si concluderà nella primavera del 2023).

Durante l'incontro è stato chiesto: «qual è il legame tra caratteristiche architettoniche ed emozioni?»; Vecchiato risponde dicendo:

L'obiettivo di questa ricerca è quello di valutare quali sono le componenti architettoniche che incidono sulla percezione emotiva dell'abitante, e di come queste caratteristiche vanno a influenzare anche una componente sociale molto forte, che è quello del giudizio, del riconoscimento di espressioni emotive dell'altro. Questo progetto ha obiettivi di restituire evidenza sia comportamentali che elettrofisiologiche per dimostrare proprio quando l'architettura riesce ad influenzare lo stato emotivo delle persone che ci abitano²⁷⁹.

Lo scopo del progetto è quello di indagare la relazione tra le caratteristiche dello spazio architettonico e le reazioni emotive e affettive dei soggetti. Il progetto di ricerca ha indagato questa relazione tramite la realtà virtuale (esperienza immersiva) e l'analisi di segnali elettroencefalografici (EEG). Sono stati coinvolti 29 volontari. Il team dedicato al digital di Lombardini22 (DDLab) ha realizzato un modello parametrico dello spazio strutturato in 54 configurazioni architettoniche. Lo spazio virtuale è stato rappresentato senza arredi, solo con delimitazioni geometriche: pavimento (costante in tutto lo spazio), pareti laterali (variabili in larghezza), soffitto e finestre (variabili in altezza); altri parametri considerati sono il colore (caldo e freddo) e la luce; inoltre è

²⁷⁷ TUNED, <<https://tuned-arch.it/cose-tuned/>>

²⁷⁸ NuArch <<https://tuned-arch.it/research/>>, in <https://tuned-arch.it>.

²⁷⁹ TUNED, *Come la forma dell'architettura influisce sulle emozioni* <<https://tuned-arch.it/nuarch-come-la-forma-dellarchitettura-influisce-sulle-emozioni/>>, articolo in <https://tuned-arch.it>, 05/07/2021.

stato presentato decontestualizzato, quindi non è stato fatto riferimento a una funzione specifica.

L'analisi è stata condotta in due *step*. Il primo passo è stato indagare le *configurazioni spaziali*. I partecipanti hanno indossato il casco per percorrere la camminata virtuale. Alla fine della camminata ad ogni soggetto sono state fatte due domande, la prima domanda è stata posta con l'intento di valutare il livello di *arousal*, la seconda per valutare la *piacevolezza percepita - valenza*. La *valenza* e l'*arousal* sono due parametri molto utilizzati dai ricercatori, che permettono di descrivere un'emozione. In particolare, la *valenza* è «il grado di piacevolezza o spiacevolezza di uno stimolo»²⁸⁰, l'*arousal* «il grado di intensità di un'emozione»²⁸¹. In altre parole, si utilizza l'*arousal* per valutare l'intensità dell'emozione provata, e la *valenza* serve per valutare la relativa piacevolezza o spiacevolezza dell'emozione. Generalmente quando qualcuno è calmo prova una bassa eccitazione e un'alta valenza, mentre, quando qualcuno è teso, avrà un'alta eccitazione e una bassa valenza. Alcuni studi suggeriscono che al livello di eccitazione emotiva si associa la probabilità di ricordare una particolare esperienza (più alto è il livello di eccitazione, più è probabile che si formi un ricordo, indipendentemente dal tipo esperienza: buona o cattiva).

Rispettivamente alla prima valutazione è stata posta la domanda: “questo ambiente mi fa sentire attivato o disattivato?”; rispettivamente alla seconda: “questo ambiente mi trasmette una sensazione spiacevole o piacevole?”. Per rispondere alle domande i partecipanti dovevano spostare il cursore o verso “disattivato” o verso “attivato”. I risultati hanno evidenziato una correlazione lineare tra i due fattori: è stato constatato che le pareti laterali sono il parametro che influisce maggiormente (pareti che si restringono comportano alta reattività e bassa piacevolezza, e viceversa); il colore (caldo o freddo), al contrario, è quello meno influente. È stato quindi dedotto che «i fattori di forma prevalgono su quelli di colore nel determinare l'emozione percepita, dimostrando che gli stati emotivi legati all'architettura sono maggiormente dipendenti da meccanismi sensorimotori (forma degli spazi architettonici) che visuomotori (colore)»²⁸².

²⁸⁰ Dale Purves, Roberto Cabeza, Scott A. Huettel, Kevin S. LaBar, Michael L. Platt, Marty G. Woldorff, *Neuroscienze cognitive*, seconda edizione, Zanichelli 2015, p. 18 del Glossario.

²⁸¹ Dale Purves, Roberto Cabeza, Scott A. Huettel, Kevin S. LaBar, Michael L. Platt, Marty G. Woldorff, *Neuroscienze cognitive*, seconda edizione, Zanichelli 2015, p. 2 del Glossario.

²⁸² TUNED, *Come la forma dell'architettura influisce sulle emozioni* <<https://tuned-arch.it/nuarch-come-la-forma-dellarchitettura-influisce-sulle-emozioni/>>, articolo in <https://tuned-arch.it>, 05/07/2021.

I ricercatori si sono chiesti: “tali caratteristiche architettoniche influenzano il giudizio di espressioni corporee?”²⁸³ Nel secondo *step* è stato introdotto un’*avatar* — figura umana con diverse espressioni corporee (altro, neutro e basso arousal) — posizionato in due configurazioni architettoniche (basso e alto arousal). Dopo l’apparizione dell’*avatar*, i volontari dovevano rispondere ad alcune domande per valutare il livello di arousal e la piacevolezza percepita. I risultati hanno dimostrato che le valutazioni cambiano in funzione dello spazio in cui l’*avatar* è immerso ed è influenzato dalle precedenti esperienze architettoniche vissute²⁸⁴.

Risultati dell’esperimento. I soggetti nel secondo esperimento dovevano identificare l’arousal dell’*avatar*: indipendentemente dallo spazio architettonico, le posture dell’*avatar* sono state giudicate correttamente. Dalla valutazione del fattore architettonico e del come incide, è stato riscontrato che: nel contesto ad alto arousal e a basso arousal, indipendentemente dal fattore corporeo dell’*avatar* (l’*avatar* in entrambi in casi si presenta in uno stato a basso arousal), il livello di attivazione è minore quando gli *avatar* venivano presentati all’interno dell’architettura ad alto arousal. Quindi la percezione delle espressioni corporee che noi osserviamo viene influenzata dalla precedente esperienza architettonica nello spazio virtuale²⁸⁵.

Caso studio di Irving Biederman e Edwards Vessel

«Tutti noi abbiamo provato il piacere di acquisire informazioni — la vista di un paesaggio drammatico, una conversazione con un amico, o persino un buon articolo di giornale possono essere profondamente gratificanti. Ma perché è così? Cosa rende queste esperienze così piacevoli?»²⁸⁶. Questo quesito è stato posto da Irving Biederman e Edwards Vessel, i quali sono arrivati alla conclusione «che il piacere di queste esperienze sia profondamente legato a un’innata fame di informazioni»²⁸⁷.

²⁸³ TUNED, *Come la forma dell’architettura influisce sulle emozioni* <<https://tuned-arch.it/nuarch-come-la-forma-dellarchitettura-influisce-sulle-emozioni/>>, articolo in <https://tuned-arch.it>, 05/07/2021.

²⁸⁴ TUNED, *Come la forma dell’architettura influisce sulle emozioni* <<https://tuned-arch.it/nuarch-come-la-forma-dellarchitettura-influisce-sulle-emozioni/>>, articolo in <https://tuned-arch.it>, 05/07/2021.

²⁸⁵ TUNED, *Come la forma dell’architettura influisce sulle emozioni* <<https://tuned-arch.it/nuarch-come-la-forma-dellarchitettura-influisce-sulle-emozioni/>>, articolo in <https://tuned-arch.it>, 05/07/2021.

²⁸⁶ Irving Biederman, Edward Vessel, *Perceptual Pleasure and the Brain* <<https://www.americanscientist.org/article/perceptual-pleasure-and-the-brain>>, articolo in <https://www.americanscientist.org/>.

²⁸⁷ Irving Biederman, Edward Vessel, *Perceptual Pleasure and the Brain* <<https://www.americanscientist.org/article/perceptual-pleasure-and-the-brain>>, articolo in <https://www.americanscientist.org/>.

I due neuroscienziati hanno condotto uno studio²⁸⁸ in cui mostravano ad un gruppo di persone una serie di immagini «raffiguranti scene del mondo reale»; le persone dovevano guardare le immagini e valutare la loro preferenza relativa per ciascuna immagine. «Le immagini sono state presentate più volte a ciascun soggetto. A ogni ripetizione, la loro preferenza per un'immagine diminuiva»²⁸⁹.

Ad un secondo gruppo furono mostrate le stesse immagini, ma in questo caso i soggetti furono coinvolti in uno studio di fMRI:

Questi soggetti hanno guardato le immagini passivamente, senza esprimere le loro preferenze. Ogni scena è stata presentata per un secondo e poi mostrata di nuovo dopo che il soggetto aveva visto una media di altre 15 scene. Le ripetizioni di ogni scena sono state cinque. Per fornire un contesto coerente a ogni visione e per ritmare l'esperimento in modo da poter estrarre una stima di ogni risposta fMRI discreta, abbiamo inserito immagini "cuscinetto" in modo strategico in ogni sequenza; abbiamo anche introdotto continuamente nuove scene nel corso di una sessione, in modo che le "prime" presentazioni di immagini e le presentazioni successive fossero sparse nel corso dell'esperimento. Queste tattiche avevano anche lo scopo di eliminare qualsiasi effetto di confusione del tempo con la ripetizione²⁹⁰.

Da questo esperimento hanno riscontrato che:

le scene con una valutazione elevata hanno generato la maggiore attività fMRI nella corteccia paraippocampale, soprattutto nella parte posteriore. L'attività in quest'area non era il risultato di un semplice meccanismo di "feed forward", perché una regione coinvolta nell'elaborazione precoce delle informazioni visive, l'area occipitale laterale, mostrava la sua maggiore attività quando il soggetto visualizzava scene di bassa preferenza. Inoltre, l'attività in una porzione della corteccia occipito-temporale ventrale, centrata nel solco collaterale e adiacente alla corteccia paraippocampale, diminuiva a ogni presentazione ripetuta. Questo calo con la ripetizione ha avuto luogo per tutte le immagini, sia che fossero inizialmente valutate alte o basse. Le aree visive "precoci" del cervello, come V1 e V2, non hanno mostrato un calo consistente dell'attività con le presentazioni ripetute²⁹¹.

Mallgrave parlando dello studio di Biederman e Vessel, spiega gli importanti risultati di questo esperimento:

²⁸⁸ Per approfondire vedi: Irving Biederman, Edward Vessel, *Perceptual Pleasure and the Brain*, in "American Scientist", Vol. 94, 2006, pp. 247-253. Consultabile online: <https://www.americanscientist.org/article/perceptual-pleasure-and-the-brain>.

²⁸⁹ Irving Biederman, Edward Vessel, *Perceptual Pleasure and the Brain* <<https://www.americanscientist.org/article/perceptual-pleasure-and-the-brain>>, articolo in <https://www.americanscientist.org/>.

²⁹⁰ Irving Biederman, Edward Vessel, *Perceptual Pleasure and the Brain* <<https://www.americanscientist.org/article/perceptual-pleasure-and-the-brain>>, articolo in <https://www.americanscientist.org/>.

²⁹¹ Irving Biederman, Edward Vessel, *Perceptual Pleasure and the Brain* <<https://www.americanscientist.org/article/perceptual-pleasure-and-the-brain>>, articolo in <https://www.americanscientist.org/>.

È una tesi di Biederman e Vessel che quanto più l'immagine di un edificio o di uno scenario naturale impegna il cervello in entrambi gli aspetti della novità e della piacevolezza, tanto più i trasmettitori oppioidi sono rilasciati nelle aree paraippocampali - all'occasione mettendo in azione il circuito dopaminergico del piacere. Gli esseri umani, perciò, preferiscono la novità, non come una qualità in sé, ma poiché aiuta l'apprendimento e stimola più aree del cervello. Visioni abituali dello stesso scenario o dello stesso edificio diminuirebbero quindi l'effetto novità, e questo potrebbe essere il motivo per cui costruzioni nuove, premiate con riconoscimenti un anno, perdono rapidamente il loro lustro l'anno successivo.

Tuttavia, l'aspetto probabilmente più interessante del loro studio di fMRI è la classificazione generale di scenari da parte dei soggetti esaminati, supportata dalla maggiore attività neurologica in queste aree deputate al riconoscimento. In linea con le ipotesi degli psicologi evuzionisti e dei progettisti biofilici, le persone preferiscono gli ambienti naturali a quelli costruiti, e in particolare i paesaggi che forniscono punti di osservazione e luoghi di riparo, nonché quelli avvolti da un alone di mistero. Tra gli scenari "non preferiti" che innescano una scarsa attività oppioide si trova un esempio particolarmente eclatante di diversi edifici per uffici in vetro riflettente sparsi su un parcheggio pavimentato senza alberi. Al contrario, un complesso "scenico" di edilizia residenziale vernacolare lungo un canale nell'Estremo Oriente si è guadagnato l'onore di "particolarmente preferito" sia nella scelta individuale sia nel dato fMRI²⁹².

Caso studio: Johns Hopkins Hospital

Susan Magsamen nel capitolo *The Power of Architecture to Impact Health, Wellbeing and Learning in Intertwining: Unfolding Art and Science*, spiega l'effetto che l'architettura può avere sulla salute, sul benessere e sull'istruzione e, nello specifico, in che modo il cervello percepisce le esperienze estetiche all'interno degli spazi architettonici e in che modo la nostra conoscenza dei meccanismi cerebrali di base informa la nostra comprensione di queste esperienze e di questi spazi²⁹³.

Cita un caso molto interessante, quello del Johns Hopkins Hospital (importante ospedale di Baltimora): «esempio particolarmente efficace del legame tra architettura e benessere»²⁹⁴. Attraverso una collaborazione con paesaggisti, ingegneri e artisti, l'ospedale ha tenuto conto nel progetto degli effetti benefici del colore, degli spazi aperti e della luce naturale²⁹⁵. Ad esempio, l'artista Spencer Finch, ispirandosi ai quadri

²⁹² Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, pp. 132-133.

²⁹³ Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018, p. 107.

²⁹⁴ Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018, p. 108.

²⁹⁵ Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018, p. 110.

delle ninfee di Claude Monet, ha selezionato 26 colorazioni differenti per i vetri della facciata esterna, con l'obiettivo di migliorare l'impatto esterno della facciata. Invece, Robert Israel ha installato nella hall del Centro pediatrico Charlotte R. Bloomberg un banco di pesci palla galleggianti. Da un articolo apparso sul ChildArt:

Per stimolare ulteriormente l'immaginazione e la curiosità dei pazienti pediatrici, più di 140 delle opere d'arte create per il Bloomberg Children's Center sono ispirate a libri per bambini, tra cui sette diorami presenti in tutto l'ospedale. Questi allestimenti includono le stravaganti creature di stoffa dell'artista Jennifer Strunge, tutte intente a leggere o a farsi leggere. I diorami hanno una duplice funzione: fornire indizi per orientarsi nell'ospedale e incoraggiare i pazienti, le loro famiglie e il resto della comunità ospedaliera a trovare ed esplorare le altre opere d'arte dell'edificio ispirate ai libri esposti²⁹⁶.

Lo studio di architettura e paesaggistica OLIN, incarico del progetto degli spazi esterni, voleva che i pazienti e le famiglie potessero godere dall'interno dell'edificio dei motivi e dei colori degli spazi verdi nel giardino e nel cortile. Alcuni degli arbusti piantati sono stati scelti in virtù delle proprietà curative a loro attribuite in passato. Si vede, ad esempio, la lavanda, il rosmarino, il crespino, la rosa e la magnolia. Il progetto ha previsto inoltre uno spazio per la meditazione, inteso come luogo di calma e tranquillità, dove sono stati ideati giochi d'acqua, alberi scultorei e pietre decorate²⁹⁷.

Caso studio: PEM

Il Peabody Essex Museum (PEM), situato a Salem — Massachusetts, conosciuto principalmente per la collezione di arte asiatica e marittima, da molti anni cerca di offrire esperienze uniche per i visitatori, coinvolgendo la mente e lo spirito e non solo appendendo "l'arte alle pareti".

Alla mostra *Asia ad Amsterdam: La cultura del lusso nell'età dell'oro*, i visitatori sono stati accolti dall'odore di cannella, chiodi di garofano e grani di pepe, «evocando la vibrante città nella sua gloria del XVII secolo, quando la Dutch East India Co. importava merci esotiche dall'Asia e ispirava gli artisti a creare opere iconiche che ora associamo a quel tempo e a quel luogo»²⁹⁸. Le spezie, in cilindri di vetro posizionati

²⁹⁶ Johns Hopkins Hospital, *Art + architecture as medicine*, in "ChildArt", Vol. 17 (51), luglio-settembre 2017, p. 14.

²⁹⁷ Johns Hopkins Hospital, *Art + architecture as medicine*, in "ChildArt", Vol. 17 (51), luglio-settembre 2017, p. 14.

²⁹⁸ Stav Ziv, *Art and the Brain: Museum Near Boston Hires Neuroscientist to Transform Visitors' Experience* <<https://www.newsweek.com/art-brain-museum-boston-hires-neuroscientist-transform-experience-610514>>, articolo in <https://www.newsweek.com>, 17/05/2017.

all'ingresso del museo, servivano a coinvolgere il senso dell'olfatto dei visitatori²⁹⁹. Inoltre, lungo il percorso di visita le persone sono state stimolate da esperienze tattili. Molti studi hanno dimostrato che l'utilizzo di più sensi o metodi per imparare o elaborare le informazioni, aiutano le persone a conservare un ricordo più duraturo. Questo è stato uno dei primi tentativi del museo di introdurre le conoscenze della neuroscienza nella sfera museale. Un secondo tentativo è stato incorporare nella mostra *Rodin: Transforming Sculpture* una troupe di ballerini. Lo scopo era attirare l'attenzione dei visitatori sulla forma umana, la postura e il movimento³⁰⁰.

«Se si è effettivamente impegnati a cercare di creare esperienze d'arte che siano il più avvincenti e significative e il più ricche possibile, sarebbe una buona idea capire meglio come funziona il cervello»³⁰¹, dice Dan Monroe, al tempo direttore esecutivo e CEO del PEM. Con queste aspirazioni è nata l'idea di una collaborazione tra curatori, progettisti e neuroscienziati.

Nel 2017, la neuroscienziata Tedi Asher e un comitato di consulenti, composto da ricercatori, neuroscienziati clinici e psichiatri si sono uniti allo staff del museo. Come spiega la Asher: «L'idea più grande dietro l'iniziativa è quella di permettere alle neuroscienze di informare i musei di molti aspetti diversi — come ci commercializziamo, il layout del negozio, il *wayfinding* e così via, ma il punto di partenza era il design della mostra, quindi sono stata incaricata di esaminare alcuni argomenti davvero ampi, come l'emozione e la memoria»³⁰². La strategia segue un percorso biforcuto: raccogliere dati emersi nelle pubblicazioni e generare dati osservando il modo in cui i visitatori rispondono alle decisioni di allestimento prese all'interno del museo³⁰³.

Asher precisa che il museo, diversamente dai laboratori, non è un ambiente completamente controllato; la disposizione delle opere dipende dai progettisti e dai curatori e ciò comporta delle difficoltà nello stabilire relazioni causali dirette che

²⁹⁹ Christopher Snow Hopkins, *This Art Museum Hired a Neuroscientist to Change the Way We Look at Art* <<https://www.artsy.net/article/artsy-editorial-art-museum-hired-neuroscientist-change-way-art>> articoli in <https://www.artsy.net>, 2017.

³⁰⁰ Adrian Murphy, *Peabody Essex Museum employs neuroscientist to enhance visitor experience* <<https://advisor.museumsandheritage.com/news/essex-peabody-museum-employs-neuroscientist-enhance-visitor-experience/>>, articolo in <https://advisor.museumsandheritage.com>, 14/03/2017.

³⁰¹ Stav Ziv, *Art and the Brain: Museum Near Boston Hires Neuroscientist to Transform Visitors' Experience* <<https://www.newsweek.com/art-brain-museum-boston-hires-neuroscientist-transform-experience-610514>>, articolo in <https://www.newsweek.com>, 17/05/2017.

³⁰² *Brain Power*, in "Attractions management", Vol. 24, 2019.

³⁰³ Museum Next, *Shaping Museum Stories with Neuroscience* <<https://www.museumnext.com/article/shaping-museum-stories-with-neuroscience/>>, articolo in <https://www.museumnext.com>, 10/12/2020.

intercorrono tra una decisione di progetto e il modo in cui qualcuno risponde ad esso³⁰⁴.

I ricercatori del PEM hanno utilizzato un approccio con metodi diversi per valutare il coinvolgimento dei visitatori: il *gaze tracking* e l'*eye tracking*, *misure biometriche* come la *risposta galvanica della pelle* (GSR) e metodi di *self-report* come i sondaggi e le interviste in uscita, per capire come i visitatori percepiscono il tempo che hanno trascorso nelle gallerie.

La GSR, anche chiamata *attività elettrodermica* (EDA) e *conduttanza cutanea* (SC) misura le variazioni continue nelle caratteristiche elettriche della pelle a seguito della variazione della sudorazione del corpo umano³⁰⁵. Il segnale GSR si misura perifericamente tramite due elettrodi applicati al dito indice e al medio di una mano: «la variazione di una corrente a basso voltaggio applicata tra i due elettrodi è utilizzata come misura dell'attività elettrodermica (EDA)»³⁰⁶. La maneggevolezza della strumentazione la rende una misurazione molto utile anche in condizioni sperimentali diverse da quelle tipiche di un laboratorio. L'aspetto molto interessante della GSR è che il soggetto non ha alcun controllo cosciente sulle risposte, e quindi non è possibile fingere.

³⁰⁴ Museum Next, *Shaping Museum Stories with Neuroscience* <<https://www.museumnext.com/article/shaping-museum-stories-with-neuroscience/>>, articolo in <https://www.museumnext.com>, 10/12/2020.

³⁰⁵ *Risposta galvanica della pelle (GSR)* <https://web.uniroma1.it/lab_nsi/labnsi/tecnologie/risposta-galvanica-della-pelle>, in <https://www.uniroma1.it/it/>.

³⁰⁶ *Risposta galvanica della pelle (GSR)* <https://web.uniroma1.it/lab_nsi/labnsi/tecnologie/risposta-galvanica-della-pelle>, in <https://www.uniroma1.it/it/>.

Il *gaze tracking* e l'*eye tracking* sono degli strumenti che permettono di monitorare il comportamento di visualizzazione, o più semplicemente, il modo in cui una persona alloca la sua attenzione visiva³⁰⁷.

L'utilizzo di questo approccio con metodi diversi ha lo scopo di monitorare tre elementi: l'attenzione, l'emozione e la memoria³⁰⁸.

Un primo passo è stato fatto durante la mostra del pittore americano T.C. Cannon tenutasi nella primavera del 2018. Sono state esaminate 14 persone, tutte donne, di età compresa tra i venticinque e i settanta anni. Alcune di loro erano già state al PEM, ma nessuna aveva ancora visto la mostra di Cannon. Le opere sono state distribuite in tre gallerie. Ogni partecipante ha ricevuto occhiali per il *gaze tracking* e strumenti per monitorare la risposta galvanica della pelle.

Con lo scopo di aumentare il coinvolgimento dei visitatori con le opere d'arte i ricercatori hanno lavorato sul contenuto delle didascalie. Si sono chiesti se inserire *compiti di visualizzazione (viewing task)* nelle didascalie avrebbe influenzato l'interazione o il grado di impegno degli utenti con le opere³⁰⁹.

³⁰⁷ Fu lo psicologo russo Alfred Yarbus a dare una importante spinta alla ricerca sul movimento oculare, in particolare dopo la pubblicazione del suo libro nell'edizione inglese *Eye Movements and Vision* nel 1967. Il volume raccoglie numerose ricerche e deduzioni di grande rilevanza, ma è l'ultimo capitolo, *Eye movements during perception of complex objects*, ad aver destato maggior interesse nella comunità scientifica. Nel suddetto capitolo egli illustra un esperimento che prevedeva la registrazione del comportamento oculare di una persona nell'atto di osservare un dipinto. Si trattava del quadro di Ilya Repin: *The Unexpected Visitor* (1884-88), in cui l'artista ha catturato il momento in cui un uomo entra in una stanza e le persone presenti, nel riconoscerlo, esprimono ognuna un'emozione diversa. Il soggetto doveva osservare il dipinto sette volte, ogni volta con un'istruzione diversa prima di iniziare a guardare l'immagine. Le istruzioni date da Yarbus richiedevano di: (1) guardare semplicemente l'opera (esame libero), (2) stimare le condizioni economiche della famiglia; (3) dedurre l'età delle persone; (4) sospettare cosa stava facendo la famiglia prima dell'arrivo del "visitatore inatteso"; (5) ricorda i vestiti indossati dalle persone; (6) ricorda la posizione delle persone e degli oggetti nella stanza; (7) stimare quanto tempo il visitatore è stato lontano dalla famiglia. Ogni sessione ha avuto una durata di registrazione di 3 minuti. I dati suggeriscono che dalla semplice alterazione delle istruzioni date all'osservatore, e quindi il compito durante la visione, scaturisce un profondo effetto sul comportamento di ispezione dell'osservatore. Con le parole di Alfred Yarbus: «a seconda del compito in cui una persona è impegnata, ossia a seconda del carattere delle informazioni che deve ottenere, la distribuzione dei punti di fissazione su un oggetto varierà di conseguenza, perché diversi elementi di informazione sono di solito localizzati in diverse parti di un oggetto» (Benjamin W. Tatler, Nicholas J. Wade, Hoi Kwan, John M Findlay, Boris M Velichkovsky, *Yarbus, eye movements, and vision*, in "i-Perception", Vol.1, 2010, p. 14.). Le ricerche di Yarbus hanno avuto un impatto significativo sugli approcci contemporanei alla ricerca sui movimenti oculari.

Fonte: Benjamin W. Tatler, Nicholas J. Wade, Hoi Kwan, John M Findlay, Boris M Velichkovsky, *Yarbus, eye movements, and vision*, in "i-Perception", Vol.1, 2010, pp. 7-27.

³⁰⁸ Museum Next, *Shaping Museum Stories with Neuroscience* <<https://www.museumnext.com/article/shaping-museum-stories-with-neuroscience/>>, articolo in <https://www.museumnext.com>, 10/12/2020.

³⁰⁹ Museum Next, *Shaping Museum Stories with Neuroscience* <<https://www.museumnext.com/article/shaping-museum-stories-with-neuroscience/>>, articolo in <https://www.museumnext.com>, 10/12/2020.

I partecipanti sono stati divisi in quattro gruppi: a tre dei quattro gruppi sono stati assegnati specifici compiti da svolgere, mentre un gruppo non ha ricevuto nessun compito. I ricercatori hanno selezionato nove opere e hanno valutato l'esperienza emotiva che i visitatori hanno avuto con ciascuna opera. Un gruppo è stato incaricato di svolgere un *compito di ricerca*, come cercare un dettaglio nel dipinto. Un altro gruppo ha svolto *compiti di giudizio estetico*: gli è stato chiesto di relazionarsi con le opere. Un terzo gruppo ha ricevuto un *compito di visione libera*: leggere la descrizione dell'opera riportata nella didascalia. Successivamente i dati dei quattro gruppi sono stati analizzati e comparati.

«Dare ai visitatori un *compito visivo* — un compito specifico da eseguire mentre si guarda un'opera d'arte — li aiuta a impegnarsi meglio con quell'opera d'arte?» Da questa domanda sono emerse due ipotesi: la prima, «qualsiasi compito di visualizzazione aumenterà il coinvolgimento»; la seconda, «il compito di visualizzazione del “giudizio” sarà il migliore per aumentare il coinvolgimento»³¹⁰.

La seconda ipotesi scaturisce da ciò che emerso in alcuni studi di *imaging* sull'uomo. «Il cervello è impegnato anche nella condizione che noi definiamo di riposo»³¹¹:

Sembra che le aree che mostrano una ridotta attivazione durante un compito comportamentale siano sempre attive “a riposo” e diventino meno attive durante l'esecuzione di qualsiasi compito. [...] Le aree cerebrali che sono più attive durante la condizione di riposo rispetto a compiti attivi includono la corteccia prefrontale mediale, la porzione posteriore del giro del cingolo, la corteccia parietale posteriore, l'ippocampo e la corteccia temporale nella sua porzione laterale. Nel loro insieme queste regioni sono chiamate *default mode network* o *default network*, a indicare che il cervello, per definizione, è particolarmente attivo in questo gruppo di aree interconnesse quando non è impegnato in un compito esplicito³¹².

Quindi il *default mode network* «tende ad essere soppresso quando la nostra attenzione è focalizzata esternamente e relativamente attivato quando la nostra attenzione è focalizzata internamente, quando siamo impegnati nell'introspezione o nel pensiero autoreferenziale»³¹³. Non solo, è stato dimostrato che il *default mode network* (DMN), si attiva anche nel caso di esperienze estetiche emotivamente

³¹⁰ Museum Next, *Shaping Museum Stories with Neuroscience* <<https://www.museumnext.com/article/shaping-museum-stories-with-neuroscience/>>, articolo in <https://www.museumnext.com>, 10/12/2020.

³¹¹ Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, *Neuroscienze. Esplorando il cervello*, quarta edizione, Milano, Edra, 2016.

³¹² Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, *Neuroscienze. Esplorando il cervello*, quarta edizione, Milano, Edra, 2016.

³¹³ Museum Next, *Shaping Museum Stories with Neuroscience* <<https://www.museumnext.com/article/shaping-museum-stories-with-neuroscience/>>, articolo in <https://www.museumnext.com>, 10/12/2020.

commoventi³¹⁴. «L'attivazione di questa rete può facilitare il pensiero autoreferenziale, che potrebbe essere una componente critica per avere un'esperienza estetica commovente»³¹⁵. Questo suggerisce che sollecitare questo tipo di pensiero con compiti di giudizio, potrebbe portare i visitatori ad avere esperienze commoventi³¹⁶.

Per valutare i dati era importante tenere conto di *come* e *se* i compiti assegnati abbiano influenzato la velocità con cui i partecipanti si sono mossi attraverso ciascuna delle tre gallerie e le risposte che hanno formulato per le opere esposte. Altri studi sui visitatori hanno dimostrato che il tempo di permanenza sui singoli oggetti, e in qualche misura l'attenzione, tende a diminuire nel corso della visita: passiamo più tempo con il primo oggetto rispetto all'ultimo. Dalle analisi sul tempo di percorrenza della mostra dei quattro gruppi è stata riscontrata questa tendenza. Il primo motivo che viene in mente è la fatica, fattore sicuramente molto influente, ma un'altra spiegazione potrebbe essere riconducibile a come sono progettate le gallerie. Studiosi di neuromarketing hanno osservato che appena le persone vedono l'uscita, di un negozio, di una mostra, di un centro commerciale, e altri spazi pubblici, aumentano la velocità di camminata e scelgono il percorso più breve per arrivarci. Viene chiamato *effetto uscita*. Al PEM, entrando nell'ultima galleria è possibile fin da subito scorgere l'uscita. Gli studi effettuati hanno registrato un aumento considerevole della velocità di camminata proprio nell'ultima galleria, nonostante il numero considerevole di opere esposte, la musica e i contenuti multimediali. È risultato inoltre che il gruppo a cui non sono stati forniti i compiti si sono mossi sempre più velocemente in ogni galleria rispetto ai gruppi con i compiti³¹⁷.

«Cosa succede al visitatore mentre spende quel tempo maggiore di fronte all'opera d'arte?»³¹⁸ Misurando la risposta galvanica della pelle dei gruppi con compito di ricerca o di giudizio, sono stati riscontrati maggiori livelli di eccitazione rispetto al gruppo senza richiesta o al gruppo di visione libera. Ciò che è interessante è che dai risultati del sondaggio proposto all'uscita, in cui veniva chiesto di fornire una

³¹⁴ Per una spiegazione più approfondita si veda Edward A. Vessel, G. Gabrielle Starr, Nava Rubin, *Art reaches within: aesthetic experience, the self and the default mode network*, in "frontiers in Neuroscience", 30/12/2013.

³¹⁵ Museum Next, *Shaping Museum Stories with Neuroscience* <<https://www.museumnext.com/article/shaping-museum-stories-with-neuroscience/>>, articolo in <https://www.museumnext.com>, 10/12/2020.

³¹⁶ Museum Next, *Shaping Museum Stories with Neuroscience* <<https://www.museumnext.com/article/shaping-museum-stories-with-neuroscience/>>, articolo in <https://www.museumnext.com>, 10/12/2020.

³¹⁷ Museum Next, *Shaping Museum Stories with Neuroscience* <<https://www.museumnext.com/article/shaping-museum-stories-with-neuroscience/>>, articolo in <https://www.museumnext.com>, 10/12/2020.

³¹⁸ Museum Next, *Shaping Museum Stories with Neuroscience* <<https://www.museumnext.com/article/shaping-museum-stories-with-neuroscience/>>, articolo in <https://www.museumnext.com>, 10/12/2020.

valutazione dell'esperienza in termini di divertimento e emozione, è emerso che le persone nel gruppo senza compiti visivi hanno valutato la loro esperienza molto più emotiva rispetto alla valutazione dei gruppi a cui era stato dato un compito. Risultato che contraddice i dati biometrici³¹⁹:

I nostri dati hanno mostrato che le persone che sono state sollecitate, e in particolare quelle che hanno ricevuto una richiesta di giudizio, hanno trascorso più tempo e hanno avuto un'esperienza emotivamente più intensa rispetto al gruppo senza richiesta e tuttavia il gruppo senza richiesta ha percepito di avere un'esperienza più emotiva³²⁰

Asher continua dicendo:

Una spiegazione è che le valutazioni potrebbero non essere così accurate, perché generalmente non siamo esperti nel valutare il nostro livello di eccitazione emotiva. Un'altra teoria è che forse il fatto di dover sfogliare il pacchetto e cercare un *prompt* [compito] ogni volta che si avvicinano a un'opera d'arte potrebbe aver smorzato l'intensità della risposta emotiva³²¹.

Riassumendo, dai dati è emerso che: richieste di giudizio, come ad esempio *come ti fa sentire quest'opera d'arte?*, incoraggiano un maggiore impegno, così come una risposta più emotiva; le persone impiegano più tempo a guardare le opere d'arte quando ricevono suggerimenti; gli intervistati che sono stati sollecitati hanno valutato se stessi come aventi una risposta meno emotiva di quelli senza suggerimenti³²².

«Dare ai visitatori un compito di visualizzazione potrebbe essere usato come tattica per incoraggiare la lentezza dello sguardo e facilitare il coinvolgimento emotivo, specialmente se si tratta di suggerimenti di giudizio»³²³. Ma rimangono aperte queste domande: «Quando li usi? Dove si usano? Che forma dovrebbero assumere? Dovrebbero essere grandi? Dovrebbero essere in una piccola etichetta? Non lo sappiamo»³²⁴.

Asher parla di *effetto di soppressione sensoriale*. Quando nel campo visivo sono presenti più stimoli, i neuroni non risponderanno attivamente ad ogni stimolo: è stato dimostrato che i neuroni che rispondono a uno stimolo sopprimeranno attivamente i neuroni che rispondono all'altro stimolo. Una sequenza ravvicinata di stimoli

³¹⁹ Brain Power, in "Attractions", Vol.24 (3), 2019, p.62.

³²⁰ Brain Power, in "Attractions", Vol.24 (3), 2019, p.62.

³²¹ Brain Power, in "Attractions", Vol.24 (3), 2019, p.63.

³²² Brain Power, in "Attractions", Vol.24 (3), 2019, p.63.

³²³ Museum Next, *Shaping Museum Stories with Neuroscience* <<https://www.museumnext.com/article/shaping-museum-stories-with-neuroscience/>>, articolo in <https://www.museumnext.com>, 10/12/2020.

³²⁴ Museum Next, *Shaping Museum Stories with Neuroscience* <<https://www.museumnext.com/article/shaping-museum-stories-with-neuroscience/>>, articolo in <https://www.museumnext.com>, 10/12/2020.

sensoriali annulla l'apparato ottico-neurologico dello spettatore. Ciò suggerisce — nel caso del museo — che gli allestimenti dove è prevista una sistemazione delle opere molto vicine le une alle altre (come le gallerie in stile salone) diminuisca l'impatto delle singole opere, e quindi sia sbagliata.

Molto interessante è anche ciò che Asher chiama “pulizia visiva del palato”. In uno studio di fMRI è stato chiesto ai partecipanti di ascoltare alcuni brani musicali. È stato visto che l'attività cerebrale aumentata considerevolmente durante le pause nella composizione. La pausa aumentava l'aspettativa di ciò che sarebbe arrivato dopo. Asher ipotizza che anche il sistema visivo potrebbe beneficiare di pause tra un'opera e l'altra o una sala e l'altra. I musei potrebbero prevedere spazi di decompressione sia per aumentare l'aspettativa di ciò che viene dopo, sia per aiutare i visitatori a elaborare ciò che hanno visto in precedenza e arrivare riposati all'opera successiva.

Caso studio: Le Gallerie d'Italia

La mostra *L'ultimo Caravaggio. Eredi e nuovi maestri* tenutasi a Milano è stata l'occasione per Le Gallerie d'Italia in collaborazione con Intesa Sanpaolo e Intesa Sanpaolo Innovation Center di aprire nuove frontiere nel mondo della tecnologia applicata all'arte. Sono state analizzate le esperienze emotive di un campione di trenta volontari davanti a quattro opere della mostra milanese: tre tele dedicate al *Martirio di Sant'Orsola* di Caravaggio, Bernardo Strozzi e Giulio Cesare Procaccini, e l'*Ultima cena* di Procaccini. Per monitorare i visitatori sono stati utilizzati occhiali *eye-tracking*, apparecchi per misurare l'attività elettrica cerebrale (risposte emotive) e braccialetti per rilevare la micro-sudorazione periferica. Gli impatti emotivi per ognuna delle quattro tele sono stati diversi: il *Martirio di Sant'Orsola* di Caravaggio e l'*Ultima cena* di Procaccini sono risultate di maggiore impatto. Il *Martirio di Sant'Orsola* di Caravaggio è anche l'opera con cui si è registrato la più elevata sensazione di piacevolezza, invece l'*Ultima cena* è l'opera che ha attratto e trattenuto maggiormente l'attenzione, registrando il più alto grado di *engagement*³²⁵. Le conclusioni dello studio hanno suggerito ai curatori alcune strategie per incrementare il coinvolgimento dei visitatori e facilitare il processo di memorizzazione³²⁶. La prima, riguarda la disposizione delle

³²⁵ Teresa Scarale, *Arte e techne: Gallerie d'Italia e Intesa Sanpaolo Innovation Center insieme per l'innovazione* <<https://www.we-wealth.com/news/pleasure-assets/opere-darte/arte-e-techne-gallerie-ditalia-e-intesa-sanpaolo-innovation-center-insieme-per-linnovazione>>, articolo in <https://www.we-wealth.com>, 03/04/2018.

³²⁶ Teresa Scarale, *Arte e techne: Gallerie d'Italia e Intesa Sanpaolo Innovation Center insieme per l'innovazione* <<https://www.we-wealth.com/news/pleasure-assets/opere-darte/arte-e-techne-gallerie-ditalia-e-intesa-sanpaolo-innovation-center-insieme-per-linnovazione>>, articolo in <https://www.we-wealth.com>, 03/04/2018.

opere nella galleria: «collocazione di opere ad alto impatto emotivo e di maggiore engagement nella parte iniziale (*effetto primacy*) e finale (*effetto recency*) del percorso espositivo»³²⁷. La seconda riguarda l'analisi del comportamento oculare, che suggerisce «la creazione di contenuti, come i testi delle audioguide, che mettano in risalto le parti dell'opera che destano meno attenzione, ma possono essere rivelatrici del lavoro dell'artista e motivare il visitatore a proseguire la visita con maggiore coinvolgimento»³²⁸.

Questo primo esperimento ha motivato Intesa Sanpaolo Innovation Center con la Scuola IMT Alti Studi Lucca ad avviare un laboratorio di ricerca applicata e sviluppo³²⁹, «laboratorio nel quale proseguire in modo stabile il percorso intrapreso, con l'ambizione di divenire punto di riferimento per l'impiego della tecnologia nella valorizzazione e nella fruizione delle opere d'arte»³³⁰.

Caso studio di Olafur Eliasson

[...] ha scosso radicalmente le nostre idee sulla rappresentazione e sulla comunicazione artistica. Le sue opere proiettano una propria realtà esperienziale che si costituisce nell'atto dello spettatore di incontrare l'opera, senza alcun riferimento mediato ad altri soggetti. Le sue opere costituiscono la propria realtà, che si realizza nell'atto di viverle. Allo stesso tempo, Eliasson ha indubbiamente portato l'esperienza artistica nel regno dei fenomeni scientifici più di altri artisti³³¹.

³²⁷ Desirée Maida, *Musei e Neuroscienza. Alle Gallerie d'Italia di Milano studiano le reazioni emotive del pubblico* <<https://www.tribune.com/progettazione/new-media/2018/04/musei-neuroscienza-gallerie-ditalia-milano-studio-reazioni-emotive-pubblico/>>, articolo in <https://www.tribune.com>, 03/04/2018. (Il corsivo è mio).

³²⁸ Desirée Maida, *Musei e Neuroscienza. Alle Gallerie d'Italia di Milano studiano le reazioni emotive del pubblico* <<https://www.tribune.com/progettazione/new-media/2018/04/musei-neuroscienza-gallerie-ditalia-milano-studio-reazioni-emotive-pubblico/>>, articolo in <https://www.tribune.com>, 03/04/2018.

³²⁹ Intesa Sanpaolo, *Ai confini della mente con Neuroscience Lab* <https://group.intesasanpaolo.com/it/sezione-editoriale/eventi-progetti/tutti-i-progetti/innovazione/2020/03/viaggio-ai-confini-della-mente-con-il-neuroscience-lab?utm_campaign=search_istituzionale&utm_source=google&utm_medium=SEM_keyword_CPC&utm_content=SEM&utm_term=google_SEM_keyword_CPC_search_istituzionale_neuroscienze>, in <https://group.intesasanpaolo.com/it/>.

³³⁰ Teresa Scarale, *Arte e techne: Gallerie d'Italia e Intesa Sanpaolo Innovation Center insieme per l'innovazione* <<https://www.we-wealth.com/news/pleasure-assets/opere-darte/arte-e-techne-gallerie-ditalia-e-intesa-sanpaolo-innovation-center-insieme-per-linnovazione>>, articolo in <https://www.we-wealth.com>, 03/04/2018.

³³¹ Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018, p. 29.

Così Pallasmaa descrive il lavoro di Olafur Eliasson, artista impegnato della costruzione di opere ambientali di considerevoli dimensioni che «giocano sullo stato emotivo dello spettatore in modo multisensoriale, periferico, inconscio e atmosferico, non diversamente dai fenomeni naturali o atmosferici»³³².

L'opera che ha riscosso più successo di Eliasson è sicuramente *The weather project*, presentato nel 2003-2004 alla Tate Modern di Londra. Mallgrave nel suo libro *L'empatia degli spazi* da una preziosa descrizione dell'evento:

La Turbine Hall, in cui si è svolta la mostra, era diventata un museo tre anni prima grazie alla ristrutturazione di Herzog e de Meuron e presentava un problema per le installazioni artistiche: una sala di circa 150 metri per 25, con la struttura di copertura 30 metri sopra il pavimento. Eliasson rispose alla sfida dello spazio, non ricorrendo a forme colossali, come aveva fatto Anish Kapoor l'anno prima, bensì installando un'atmosfera artificialmente costruita. A un'estremità della sala, a 25 metri sopra il pavimento, posizionò un mezzo disco di 15 metri di diametro, formato da centinaia di lampade monocromatiche gialle tipicamente utilizzate nei lampioni stradali. A intersecare il disco nella sua parte tagliata fu posto sopra un sottile soffitto di pannelli a specchio che, dal basso, trasformava la metà del disco in una forma eliocentrica completa. I pannelli a specchio sospesi che componevano il soffitto furono appena piegati negli angoli, rompendo così la stretta circolarità della metà superiore della superficie del sole. Con l'aiuto di sedici ugelli sparsi nella grande sala, introdusse una nebbia fine costituita da una miscela di zucchero e acqua. Quando entravano nella sala, i visitatori si trovavano di fronte a una nebbia gialla debole: attraverso di essa potevano scorgere il sole in lontananza e i propri movimenti riflessi dal soffitto a specchio. L'idea alla base dell'installazione, secondo Eliasson, non era di creare un'illusione, ma di indurre un senso di meraviglia e di comunità, con gli spettatori impegnati, in maniera travolgente, nelle proprie percezioni³³³.

Secondo Mallgrave, due aspetti di questa mostra sono istruttivi. Primo, i visitatori non si sono limitati a seguire il percorso ma hanno spontaneamente interagito con la mostra. Molti hanno deciso di sdraiarsi sul pavimento «per farne esperienza da una posizione supina, in un modo che era temporaneamente più rilassante ma percettivamente più coinvolgente»³³⁴. «La seconda cosa degna di nota della mostra è il particolare percorso di esplorazione che Eliasson doveva perseguire nella sua arte»³³⁵. Il *Weather Project* è stato l'inizio per Eliasson di un percorso di studio sulla percezione che lo ha condotto a successive installazioni, a collaborare con la Berlin School of

³³² Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018, p. 29.

³³³ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, pp. 206-207.

³³⁴ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, p. 207.

³³⁵ Harry F. Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di A. Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015, pp. 207-208.

Mind and Brain e l'Association of Neuroaesthetics e nel 2009 a fondare l'Institut für Raumexperimente a Berlino.

PARTE SECONDA

Architecture starts when you carefully put two bricks together. There it begins. Ludwig Mies van der Rohe.

Progetto

La seconda parte di questa tesi riguarda un esperimento. Fatta la prima parte di ricerca e di studio di questo nuovo approccio all'architettura, il passo successivo era capire come usare le informazioni raccolte. Come precedentemente scritto, oggi i progettisti e gli scienziati stanno sostanzialmente seguendo due approcci: misurare e analizzare le risposte psicofisiologiche negli ambienti costruiti, oppure, attingere dagli studi condotti dalla ricerca neuroscientifica le informazioni per formulare delle ipotesi progettuali. Chiaramente i due metodi non si escludono. Come abbiamo visto, molti dei casi studio trattati nel Capitolo *Avventure* intrecciano i dati raccolti in altri studi per formulare ulteriori ipotesi e raccogliere nuovi dati. In questo esperimento è stato seguito questo approccio ibrido. Infatti, il progetto oggetto di questa tesi parte dal progetto di tesi Ioana Beatrice Iacob, laureata al Politecnico di Torino nel Corso di Laurea Magistrale in *Architettura Costruzioni e Città* (sessione di laurea: febbraio 2021). Con la Professoressa Valeria Minucciani, relatrice di questa tesi, nonché relatrice della tesi di Iacob, la Professoressa Nilufer Saglar-Onay, correlatrice di questa tesi e correlatrice della tesi di Iacob, e grazie al prezioso contributo della Professoressa Annamaria Berti, professoressa ordinaria al Psychology Department and Neuroscience Institute of Turin (NIT), siamo partite dai risultati ottenuti dallo studio di Iacob nella sua tesi *Spazi sensibili. Museografia e neuroscienze*, per sviluppare un nuovo progetto.



Figura n. 3. Schema. Definizione delle fasi dell'esperimento.

Caso studio

Analogamente al caso studio di Iacob, il caso studio scelto per questo esperimento è la stanza di un museo. La *stanza* è un posto dove ti fermi, analizzi, compi delle azioni. La derivazione della parola *stanza* è già di per se significativa: «lat. tardo *stantia* “luogo di dimora”, derivato di *stare* “stare, star fermo”»³³⁶; «ant. o letter. Il fatto di stare, di fermarsi e sostare, di dimorare in un luogo»³³⁷. Il motivo della scelta di una stanza museale ricade soprattutto sulla funzione che svolgono i musei. Il museo è uno spazio pubblico, ma allo stesso tempo è uno spazio intimo; non quotidiano, infatti andiamo al museo in momenti speciali; il museo è un ambiente che conosciamo tutti, frequentato da tutti, accessibile. Sono ambienti in cui vogliamo prestare più attenzione. Siamo lì per osservare e per criticare, che comporta da parte nostra un maggior grado di attenzione. Oltretutto, il museo è un ambiente in cui siamo disposti a emozionarci. Il tipo di museo oggetto di quest'esperimento è quello archeologico.

Successivamente alla definizione della destinazione d'uso e dell'ambiente, sono stati scelti i manufatti archeologici da ospitare all'interno della stanza. Sono stati selezionati tre reperti: l'*Epitaffio di Lucifer* e l'*Epigrafe e il calco in gesso di Claudia Victoria* (di cui parleremo nei prossimi paragrafi). Questi tre manufatti raccontano la vita di due persone Lucifer e Claudia Victoria. Due persone semplici, comuni, che vissero molto tempo fa. I reperti associati a queste due persone non sono oggetti che nascono con la funzione di opera d'arte, svolgono un ruolo diverso: di memoria; hanno un valore simbolico; sono una traccia del passato, e la loro funzione all'interno del museo e soprattutto quella di raccontare, testimoniare e informare.

³³⁶ Treccani, *stanza* <<https://www.treccani.it/vocabolario/stanza1/>>, in [https:// www.treccani.it](https://www.treccani.it).

³³⁷ Treccani, *stanza* <<https://www.treccani.it/vocabolario/stanza1/>>, in [https:// www.treccani.it](https://www.treccani.it).

CS

Stanza



La stanza di un museo



La stanza di un museo
archeologico



La stanza di un museo
archeologico per
esporre dei reperti
archeologici



Stanza di un
museo archeologico
per esporre l'epigrafe
e il calco in gesso
di *Claudia Victoria*

Stanza di un museo
archeologico
per esporre l'epitaffio
di *Lucifer*

Figura n. 4. Schema. Definizione del caso studio: dove siamo partiti e dove siamo arrivati.

Raccolta di Dati

Il progetto di Iacob aveva come obiettivo quello di «verificare l'influenza di alcune variabili spaziali semplici sulle reazioni emotivo comportamentali dei partecipanti in relazione a due parametri soggettivi, e di estrapolarne, se possibile, una sorta di gerarchia»³³⁸. Il caso studio scelto nel progetto di Iacob è il museo e, riassumendo, sono state proposte delle «variazioni spaziali semplici di un modello “base”, nelle quali di volta in volta fosse modificata una sola componente, in modo da poterne misurare l'impatto. Successivamente si sono costruite combinazioni semplici di queste variazioni»³³⁹. Antecedentemente al risultato del questionario, Iacob ha formulato tre ipotesi «che hanno determinato le variabili sulle quali agire per la definizione delle immagini»: ipotesi 1. «le modifiche tridimensionali hanno un'influenza diversa sullo spettatore rispetto a quelle bidimensionali»³⁴⁰; ipotesi 2. «le linee curve (“organiche”) hanno un'influenza diversa sullo spettatore rispetto alle linee rette»³⁴¹; ipotesi 3. «l'introduzione del colore o di un materiale molto evidente suscita emozioni differenti»³⁴².

I «parametri di progetto» sono stati suddivisi in due macrogruppi.

Il primo è quello delle «modifiche tridimensionali»: «variazione volumetrica delle componenti architettoniche attraverso scavi, estrusioni o aggiunta di nuovi elementi»³⁴³. Il macrogruppo delle modifiche tridimensionali comprende quattro categorie, nello specifico: variazione del pavimento, variazione del soffitto, variazione delle pareti, al centro dello spazio; le quali sono state a loro volta suddivise in altre due sottocategorie: linee rette e linee curve³⁴⁴.

³³⁸ Ioana Beatrice Iacob, *Spazi sensibili. Museografia e neuroscienze*, Tesi di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città, Politecnico di Torino, a.a. 2019-2020, p. 77.

³³⁹ Ioana Beatrice Iacob, *Spazi sensibili. Museografia e neuroscienze*, Tesi di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città, Politecnico di Torino, a.a. 2019-2020, p. 78.

³⁴⁰ Ioana Beatrice Iacob, *Spazi sensibili. Museografia e neuroscienze*, Tesi di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città, Politecnico di Torino, a.a. 2019-2020, p. 79.

³⁴¹ Ioana Beatrice Iacob, *Spazi sensibili. Museografia e neuroscienze*, Tesi di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città, Politecnico di Torino, a.a. 2019-2020, p. 79.

³⁴² Ioana Beatrice Iacob, *Spazi sensibili. Museografia e neuroscienze*, Tesi di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città, Politecnico di Torino, a.a. 2019-2020, p. 79.

³⁴³ Ioana Beatrice Iacob, *Spazi sensibili. Museografia e neuroscienze*, Tesi di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città, Politecnico di Torino, a.a. 2019-2020, p. 79.

³⁴⁴ Ioana Beatrice Iacob, *Spazi sensibili. Museografia e neuroscienze*, Tesi di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città, Politecnico di Torino, a.a. 2019-2020, p. 80.

Il secondo macrogruppo è quello delle «modifiche bidimensionali»: «trattamento delle superfici, attraverso l'uso di colore o variazione del materiale di finitura»³⁴⁵, suddiviso in due categorie: variazione del colore, variazione del materiale; la variazione del colore comprende tre sottocategorie: colore bianco, colore rosso, colore blu; invece, la variazione del materiale è stata suddivisa nelle seguenti sottocategorie: materiale legno, materiale marmo³⁴⁶.

Il risultato di questo set di variazioni sono state 27 immagini, ognuna delle immagini è stata valutata singolarmente da un gruppo di soggetti (sono state valutate le risposte di 100 soggetti, di età compresa tra i 18 e gli 82 anni, con occupazione e formazione non omogenea), a cui gli è stato chiesto di rispondere alla domanda *ti piace?* (per valutare il parametro della valenza) e successivamente: *entreresti?* (per valutare l'arousal)³⁴⁷.

In base al risultato del sondaggio, Iacob ha potuto concludere che:

tra le varie conformazioni appartenenti al gruppo “modifiche bidimensionali” si riscontra una prima differenza tra la categoria “colore”, più apprezzata, e la categoria “materiale”. Fra i tre colori proposti, contrariamente alle aspettative per il contesto in cui è stato ambientato l'esperimento, ovvero la sala espositiva, il blu è stato quello che ha ricevuto un maggiore apprezzamento, seguito dal bianco ed infine dal rosso, confermando la terza ipotesi delle tre iniziali che prevedeva una risposta differente all'introduzione del colore (il bianco si è comportato da colore “neutro” in questo caso). Si può ipotizzare che il sentimento di eccitazione e movimento comunicati dal rosso siano in contrasto con l'ambiente statico della singola sala espositiva proposta, qualità invece maggiormente soddisfatta dalla calma comunicata dal colore blu che risulta essere anche più accogliente (nonostante sia normalmente considerato un colore freddo). È possibile inoltre collegare questi risultati al potere comunicativo dei colori a seconda degli oggetti esposti che possono determinarne l'adeguatezza. Nel caso specifico l'oggetto esposto è uno molto semplice e non presenta particolari caratteristiche, pertanto non si sente la necessità della presenza di un colore molto attivo come il rosso.

Tra i due materiali invece, quello freddo (marmo), che comunica distanza si è rivelato poco adatto al contesto del museo che è un luogo comunicativo e deve essere accogliente (è tra le conformazioni che ha ottenuto il punteggio più basso alla domanda “Entreresti?”). Il legno invece piace di più anche se meno rispetto ad altre immagini (probabilmente perché risulta comunque poco adeguato al contesto), però gli utenti entrerebbero, probabilmente perché questo materiale appare accogliente e comunicando protezione attira ad entrare comunque (andare in posti dove ci si sente protetti è una reazione istintiva degli esseri umani).

³⁴⁵ Ioana Beatrice Iacob, *Spazi sensibili. Museografia e neuroscienze*, Tesi di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città, Politecnico di Torino, a.a. 2019-2020, p. 80.

³⁴⁶ Ioana Beatrice Iacob, *Spazi sensibili. Museografia e neuroscienze*, Tesi di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città, Politecnico di Torino, a.a. 2019-2020, p. 80.

³⁴⁷ Ioana Beatrice Iacob, *Spazi sensibili. Museografia e neuroscienze*, Tesi di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città, Politecnico di Torino, a.a. 2019-2020, pp. 81 -140.

Un confronto invece che raggruppa le immagini secondo categorie appartenenti al gruppo “modifiche tridimensionali” evidenzia una preferenza per le modifiche a pavimento, seguite da quelle alle pareti, dall’allestimento al centro, ed infine da quelle a soffitto. Molto probabilmente questa preferenza è da collegare con la curiosità degli individui di toccare fisicamente queste modifiche o comunque di trovarsi nella condizione di poterlo fare. Dunque, la possibilità di esplorare camminando una particolare conformazione del pavimento, suscita un maggiore interesse delle modifiche a soffitto che possono essere solamente guardate, e che in certi casi possono generare sensazioni di oppressione (tutte, infatti, riducevano l’altezza media della sala).

Tra le conformazioni a linee rette e quelle a linee curve, come previsto dalla seconda delle tre ipotesi iniziali, prevalgono decisamente le seconde in tutte le categorie confermando la preferenza per le forme più organiche quasi sempre anche indipendentemente dal colore (fa eccezione solamente il soffitto blu, che viene preferito con modifiche a linee rette). [...]

È interessante come in entrambi i casi, sia linee rette che linee curve, le conformazioni che sono piaciute maggiormente appartengano alla categoria delle modifiche tridimensionali a pavimento, che come abbiamo visto prima è stata la più apprezzata tra le modifiche tridimensionali; appartengo inoltre anche alla categoria del colore blu, il più gradito tra le modifiche alle superfici.

Si è inoltre rivelato interessante un confronto, all’interno delle varie categorie, tra i due generi e tra le tre fasce di età in cui sono stati suddivisi i soggetti. Infatti, nonostante non si sia riscontrata una differenza notevole tra queste categorie in generale, un differente confronto delle immagini ha evidenziato tendenze diverse: gli uomini, i giovani e gli over 50 sono stati tendenzialmente più radicali nelle risposte affidandosi spesso anche alle opzioni estreme proposte, al contrario delle donne e dei soggetti appartenenti alla fascia di età intermedia.

In particolare i giovani hanno optato spesso per risposte negative o medie (la loro media generale di tutte le risposte è la più bassa tra le tre), la fascia intermedia si è concentrata sulle risposte principalmente intermedie affidandosi poco agli estremi (la media delle loro risposte per singola immagine si colloca spesso al centro tra le altre due), mentre la fascia di età > 50 ha utilizzato maggiormente risposte medio alte (il più delle volte la media delle loro risposte è più vicina al punteggio più alto o a quello intermedio). La tendenza a vedere le cose in un determinato modo in base all’età è stata dimostrata da studi precedenti che evidenziano una relazione tra età e soddisfazione per la vita in generale ma che si riflette anche sulla relazione che gli individui hanno con gli spazi.

Un’ultima osservazione può essere fatta per quanto riguarda il confronto fra le due domande e quindi tra i due parametri che queste rappresentano.

Ad esempio in tre casi le due domande hanno ottenuto un punteggio medio uguale evidenziando quindi una coerenza tra il valore della valenza e quello dell’approach/avoidance.

In altri quattro casi invece la prima domanda presenta un punteggio evidentemente maggiore rispetto alla seconda evidenziando come non necessariamente un alto gradimento estetico sia indice anche di una volontà di esplorare quello spazio.

In altri casi invece la seconda domanda ha ricevuto risposte molto più alte rispetto alla prima, evidenziando come nonostante la poca gradevolezza gli individui tenderebbero

comunque ad entrare probabilmente perché forme, materiali o colori comunicano un senso di protezione o curiosità inconscia che li spinge ad entrare.

Da un confronto generale fra le 27 immagini totali, sono immediatamente identificabili le due immagini che hanno ottenuto in assoluto il gradimento più alto e quello più basso. La conformazione più apprezzata è stata quella delle modifiche tridimensionali a pavimento, a linee curve e di colore blu. Questa infatti sintetizza tutte le categorie più apprezzate: modifiche volumetriche a pavimento, linee curve e colore blu.

Quella che invece è piaciuta molto poco è la modifica tridimensionale al centro dello spazio, a linee rette e di colore bianco. Molto probabilmente l'aggiunta delle due pareti è stata percepita solamente come ostacolo e restringimento della sala, non creando la dinamicità che diventa più evidente nel momento in cui le due pareti vengono evidenziate dal colore e che difatti si discostano di molto in fatto di gradimento estetico.

Per quanto riguarda invece la baseline, presente in tutti i grafici come conformazione di paragone, non ha svolto la funzione di conformazione "neutra" anche nei dati raccolti, ma si è classificata come quella meno gradita superata da un solo caso, ovvero dalla soluzione dell'allestimento al centro dello spazio a linee rette. È dunque possibile affermare che la neutralità tendenzialmente viene rifiutata, e che gli individui preferiscono comunque essere stimolati da qualche cosa, nel bene o nel male³⁴⁸.

I risultati molto interessanti ottenuti da Iacob, hanno indirizzato lo sviluppo del progetto, e sono stati utilizzati come parametro di confronto per i risultati dell'esperimento oggetto di questa tesi.

³⁴⁸ Ioana Beatrice Iacob, *Spazi sensibili. Museografia e neuroscienze*, Tesi di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città, Politecnico di Torino, a.a. 2019-2020, pp. 204 -207.

Epitaffio di Lucifer

B(onae) (chrismon) m(emoriae) | Hic requiescit in pace Lucifer v(ir) h(onestus) | aurefix
fabularum socius laetitiae | semper amicus qui merito viventem | recessit elares iocundus
moderatus | honestus qui vixet in saeculo annos | pl(us) m(inus) (tringinta octo)
depositus sub die quinto | kal(endas) semptemb(res) per ind(ictione) prima fel(iciter)

[‘Alla buona memoria. Qui riposa in pace l’illustre Lucifero, orafo amante dei racconti e sempre amico della letizia, che, vissuto con merito, morì felice, giocondo, moderato e onesto e visse in terra più o meno trentotto anni. Fu deposto il quinto giorno delle calende di settembre [28 agosto], nella prima indizione. Felicemente.’]³⁴⁹

Iscrizione incisa su una lastra di marmo conservata al Civico Museo Archeologico di Milano. Datata tra la metà del VI e gli inizi del VII secolo d.C. Le informazioni che abbiamo non sono molte, ciò che sappiamo è stato dedotto dalla lettura dell’iscrizione. Sappiamo che la stele racconta la vita di Lucifer, orafo che lavorava a Milano.

Sappiamo che era un uomo «amante dei racconti e sempre amico della letizia». La formula «honestus» ci informa che Lucifer visse in condizioni agiate³⁵⁰. Infatti in età tardoromana e altomedievale l’onorabilità della persona si misurava sulla base della condizione economica: se la persona disponeva di una buona situazione economica, allora era considerata una persona onesta³⁵¹. Sembra quindi che al tempo, artigiani come orafi e fabbri, rivestissero un ruolo di grande importanza nella città di Milano³⁵².

L’epigrafe di Lucifer è, per il momento, l’unica iscrizione che documenti la presenza nella Milano del VI e VII secolo di botteghe orafe³⁵³.

Ciò che ha attirato la mia curiosità quando sono andata a vedere l’opera è stato il titolo del manufatto: *Lucifer, un orafo che portava la luce*. Infatti, il termine italiano “apportatore di luce”, deriva dal latino *lucifer*³⁵⁴. È curioso che la figura di un orefice, i quali per professione lavorano oggetti lucenti e brillanti, sia associata a un uomo il cui nome è Lucifer.

³⁴⁹ Iscrizione e traduzione dalla didascalia del Civico Museo Archeologico di Milano.

³⁵⁰ Politecnico di Milano, <http://www.kaemart.it/3dicons/POLIMI/landingpage.php?id=Seletti_288&type=1&num=1>.

³⁵¹ Politecnico di Milano, <http://www.kaemart.it/3dicons/POLIMI/landingpage.php?id=Seletti_288&type=1&num=1>.

³⁵² Politecnico di Milano, <http://www.kaemart.it/3dicons/POLIMI/landingpage.php?id=Seletti_288&type=1&num=1>.

³⁵³ Politecnico di Milano, <http://www.kaemart.it/3dicons/POLIMI/landingpage.php?id=Seletti_288&type=1&num=1>.

³⁵⁴ Treccani, *Lucifero* < https://www.treccani.it/enciclopedia/lucifero_%28Enciclopedia-Italiana%29/ >, in <https://www.treccani.it>.



Figura n. 5. Epigrafe di Lucifer. Dimensioni: L. 88 cm; l. 87,5 cm; P. 10 cm. Conservato al Civico Museo Archeologico di Milano.

Fonte: Museo Archeologico di Milano, <<https://www.facebook.com/museoarcheologicodimilano/>>.

Epigrafe e calco in gesso di Claudia Victoria

Nel dicembre del 1874, in rue de Trion a Lione, durante lo scavo per la stazione Saint-Just, a circa 5 metri di profondità gli operai trovarono un cippo in pietra, sdraiato sulla tomba che un tempo sormontava, su cui era stata incisa la seguente iscrizione:

D(is) M(anibus) | et memoriae | Cl(audiae) Victoriae | quae vixit ann(os) X | mens (es) I
dies XI | Claudia Severi|na mater filiae | dulcissimae | et sibi viva fecit | sub ascia dedi |
cavit.

[‘Agli Dei delle Anime e alla memoria di Claudia Victoria, vissuta dieci anni, un mese e undici giorni. Claudia Severina, sua madre, durante la sua vita, fece costruire questa tomba per la sua dolcissima figlia e per se stessa, e la dedicò sotto l’ascia.’]³⁵⁵

Si ritiene che la tomba fu eretta o alla fine del I secolo o all’inizio del II secolo d.C.³⁵⁶. Non è riportata la data di nascita e di morte, ma è indicata con precisione la durata della vita: dieci anni, un mese e undici giorni³⁵⁷. Secondo l’interpretazione dell’incisione il sarcofago avrebbe dovuto contenere le spoglie di Claudia Victoria e quelle della madre, Claudia Severina³⁵⁸. Tuttavia all’interno trovarono solo il corpo della bambina. Il nome del padre è sconosciuto, infatti la figlia ha preso il nome della madre³⁵⁹.

³⁵⁵ Henri Thédénat, *Sur deux masques d’enfants de l’époque romaine, trouvés à Lyon et à Paris*, in “Bulletin Monumental”, Vol. 52, 1886, p. 122.

³⁵⁶ *Épitaphe de Claudia Victoria* <<https://lugdunum.grandlyon.com/fr/Oeuvre/2812-Epitaphe-de-Claudia-Victoria>>.

³⁵⁷ Véronique Dasen, Thomas Späth, *Children, Memory, and Family Identity in Roman Culture*, Oxford 2010, p. 125.

³⁵⁸ Henri Thédénat, *Sur deux masques d’enfants de l’époque romaine, trouvés à Lyon et à Paris*, in “Bulletin Monumental”, Vol. 52, 1886, p. 122.

³⁵⁹ Véronique Dasen, Thomas Späth, *Children, Memory, and Family Identity in Roman Culture*, Oxford 2010, p. 125.



Figura n. 6. Epitaffio di Claudia Victoria. Dimensioni: L. 151,5 cm; l. 60,5 cm; P. 40 cm. Conservato al Lugdunum di Lione.

Fonte: Ministère de la Culture, <<https://www.pop.culture.gouv.fr/notice/joconde/10360002812>>, in “<https://www.pop.culture.gouv.fr/>”.

Henri Thédénat, nel suo trattato *Sur deux masques d'enfants de l'époque romaine, trouvés à Lyon et à Paris*, segnala la descrizione della tomba dal libro di memorie di M. Locard:

La tomba era in pietra, a forma di vasca rettangolare, con ogni lato costituito da una lastra monolitica..... Era abbastanza grande da contenere il corpo di una persona grossa e particolarmente alta, come se fosse stata destinata a ricevere due corpi sovrapposti.

La parte superiore era formata da una lastra in due pezzi;..... uno dei pezzi, più piccolo dell'altro, era lungo circa 40 centimetri e corrispondeva al piede della bara.

..... M. Drugeat, assistito dal suo collega M. Sylvestre, sollevò lui stesso la lastra e scoprì all'interno della tomba un unico scheletro, appartenente a un individuo di piccole dimensioni. Un po' di terra era entrata attraverso l'apertura lasciata libera dalla rottura della piccola lastra e aveva coperto i piedi del cadavere. La testa e il corpo parevano circondati da panni che al minimo tocco cadevano in polvere. Ma se la testa e la parte superiore del corpo sembravano essere nella stessa posizione di quando erano stati sepolti, lo stesso non valeva per le estremità inferiori. Era facile capire che una mano profana, sollevando la lastra, doveva aver frugato in questa tomba, senza dubbio alla ricerca dei preziosi gioielli che poteva contenere.

Proprio accanto ai piedi del bambino c'era una piccola bambola d'avorio, alta tra i 15 e i 20 centimetri, composta da pezzi assemblati alla maniera di quei giocattoli di legno snodabili che si producono a Norimberga. Sono stati trovati anche diversi spilli di bronzo..... e alcuni grandi aghi d'avorio. Infine, sempre ai piedi del cadavere, e quindi sotto la piccola lastra, trovammo una specie di disco ovale, appiattito da un lato, incavato dall'altro, che un colpo di piccone dato maldestramente dall'operaio che aveva scoperto la tomba ruppe al centro³⁶⁰.

³⁶⁰ Henri Thédénat, *Sur deux masques d'enfants de l'époque romaine, trouvés à Lyon et à Paris*, in "Bulletin Monumental", Vol. 52, 1886, pp. 123-124.



Figura n. 7. Calco in gesso di Claudia Victoria. Dimensioni: 18 cm. Conservato al Lugdunum di Lione.

Fonte: Véronique Dasen, Thomas Späth, *Children, Memory, and Family Identity in Roman Culture*, Oxford 2010, p. 126.

Il disco di cui parla Locard fu in seguito riconosciuto come il calco del volto di Claudia Victoria. Lungo 18 centimetri, realizzato in gesso mescolato con calce, si ritiene che Claudia Severina lo fece fare poco dopo la morte della figlia³⁶¹. Questa rara scoperta ci permette di vedere il volto di una bambina morta circa 2000 anni fa³⁶².

Dagli studi di Thédenat in merito al motivo per cui Claudia Severina abbia deciso di far modellare il volto della figlia, emerge sicuramente che il fine era di produrre una maschera, usanza molto comune nell'antichità³⁶³. Ma questo non è l'unico motivo:

L'usanza di coprire il volto dei cadaveri con una maschera con le sembianze del defunto sembra appartenere a tutte le civiltà antiche [...]

Per realizzare queste maschere sono stati utilizzati i materiali più diversi: oro, argento, bronzo, ferro, terracotta, marmo, gesso e cera.

Tra i Romani, le immagini degli antenati erano maschere di cera, ovviamente fuse in stampi presi dal vero, come quella di Claudia Vittoria; Plinio le chiama: *expressi cera vultus*.

In alcune cerimonie funebri, il defunto assente veniva talvolta sostituito dalla sua immagine modellata in cera; sfigurato dalla morte, il cadavere riacquistava l'aspetto della vita, grazie all'arte dei *pollinctores*, che ne componevano il volto o lo ricoprivano con una maschera di cera. [...]

È quindi probabile che lo stampo conservato nel museo di Lione sia stato utilizzato per realizzare una maschera di cera.

Da questo fatto, e dagli esempi conosciuti, dovremmo concludere che la tomba nel cimitero di Trion conteneva originariamente, oltre al calco, un'impronta di cera applicata al volto del defunto? Non credo.

Non che la presenza di questa maschera nella tomba fosse contraria alle antiche usanze; ma se, aprendo la tomba, era possibile vedere per qualche istante l'esistenza dei teli che avevano avvolto il corpo e la testa del bambino, a maggior ragione, a quanto pare, la maschera di cera avrebbe lasciato qualche traccia.

Si deve quindi supporre che Severina abbia solo voluto conservare un'immagine della figlia³⁶⁴.

³⁶¹ Henri Thédenat, *Sur deux masques d'enfants de l'époque romaine, trouvés à Lyon et à Paris*, in "Bulletin Monumental", Vol. 52, 1886, p. 124.

³⁶² *Épitaphe de Claudia Victoria* <<https://lugdunum.grandlyon.com/fr/Oeuvre/2812-Epitaphe-de-Claudia-Victoria>>.

³⁶³ Henri Thédenat, *Sur deux masques d'enfants de l'époque romaine, trouvés à Lyon et à Paris*, in "Bulletin Monumental", Vol. 52, 1886, p. 124.

³⁶⁴ Henri Thédenat, *Sur deux masques d'enfants de l'époque romaine, trouvés à Lyon et à Paris*, in "Bulletin Monumental", Vol. 52, 1886, pp. 123-124.

I ritrovamenti a rue de Trion sono oggi custoditi al Lugdunum, museo archeologico della città di Lione, costruito nelle vicinanze di un sito archeologico sulle pendici della collina di Fourvière, luogo di fondazione della città romana di Lugdunum (43 a.C.)³⁶⁵. Il museo custodisce una delle collezioni archeologiche più ricche di Francia³⁶⁶.

Alterazioni per due stanze

Partendo dalle storie di Claudia Victoria e Lucifer ci siamo chiesti quale fosse il modo migliore per rappresentarle. Si può comunicare una storia, o meglio, le emozioni legate a una storia con linee, materiali, luci, colori? Se sì, conoscere la storia e non conoscerla, può portare ad una diversa risposta empatica? Ciò che vuole fare questo esperimento è verificare se conoscere la storia dei manufatti e non conoscerla può cambiare la valutazione di un certo numero di persone messe a confronto. Non solo, confrontare la valutazione delle persone di fronte a differenti elementi messi in relazione ai manufatti esposti per capire quali, tra i vari elementi, hanno ottenuto un maggior coinvolgimento tra soggetto - elemento.

Il primo passo è stato trovare e classificare le variabili da utilizzare. Sono state individuate le seguenti categorie: luce, colore, contrasto, forme, materiali, aperture.

³⁶⁵Lugdunum. Musée & Théâtres Romains, *Le musée* <<https://lugdunum.grandlyon.com/fr/Decouvrir/Le-musee>>, in “<https://lugdunum.grandlyon.com/fr/>”.

³⁶⁶Lugdunum. Musée & Théâtres Romains, *Le musée* <<https://lugdunum.grandlyon.com/fr/Decouvrir/Le-musee>>, in “<https://lugdunum.grandlyon.com/fr/>”.

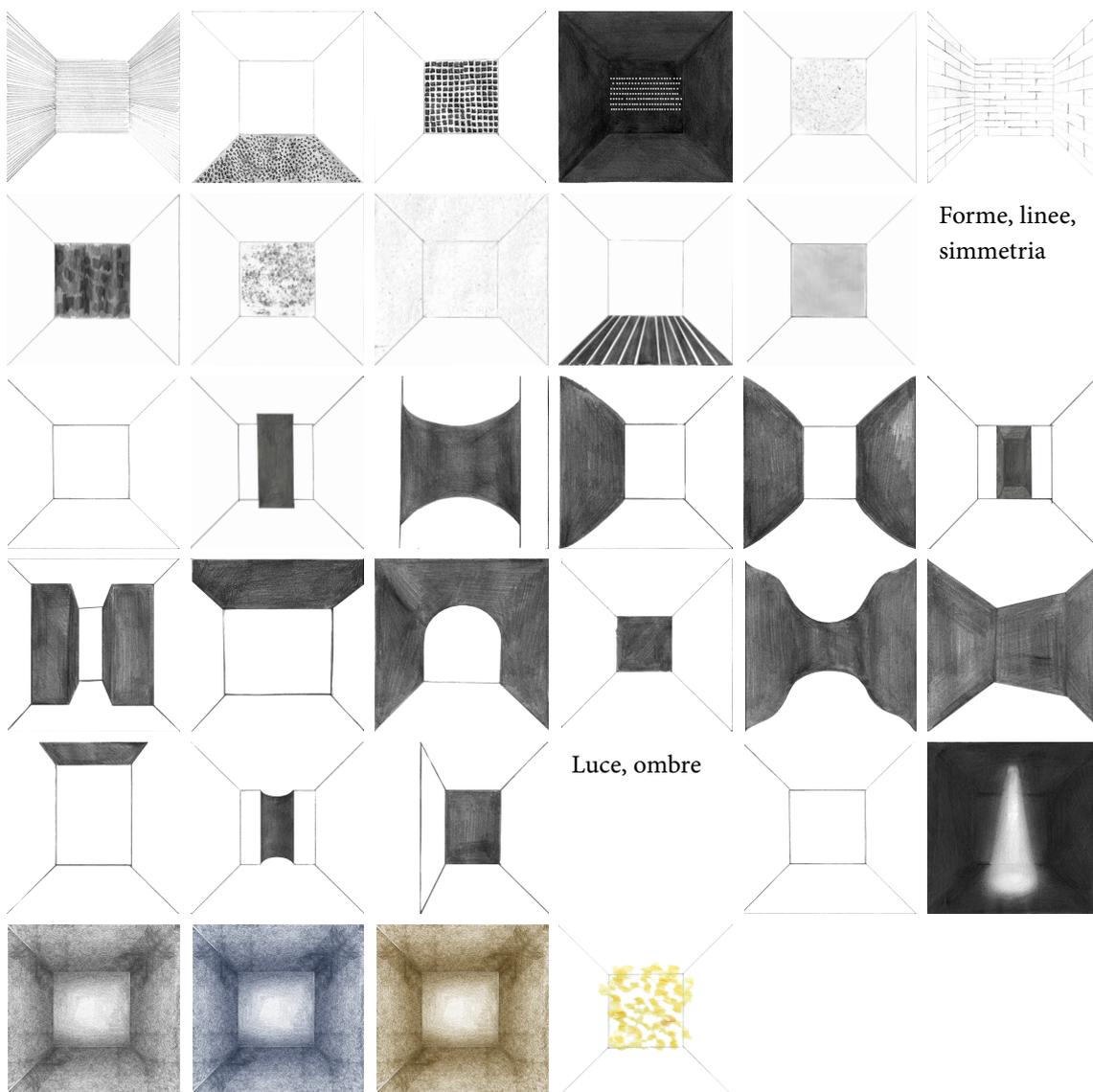


Figura n. 9. Concept: studio e ricerca di elementi come forme, colori, superfici, aperture.

Studiate le possibili variabili, è stata definita una stanza tipo — una *baseline* di partenza: chiusure verticali rifinite in intonaco di colore bianco, chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo e chiusura superiore rifinita in intonaco di colore bianco. Le due stanze presentano una lunghezza di 4 metri, una larghezza di 3,5 metri e un'altezza di 4,5 metri. I reperti di Claudia Victoria e l'Epitaffio di Lucifer sono stati esposti separatamente, decisione dettata dalla necessità di operare delle soluzioni progettuali pensate nello specifico per le due storie.

Le immagini sono state prodotte con un software per la modellazione tridimensionale e la renderizzazione. L'inquadratura dell'immagine è stata impostata su prospettiva, con una distanza focale di 36 mm, posizionata orizzontalmente, con un'altezza dell'inquadratura di 1,6 metri da terra (vista uomo).

L'Epitaffio di Lucifer è stato appeso alla parete di fondo; l'Epigrafe e il calco di Claudia Victoria si presentano al centro della stanza, leggermente sfalsati l'uno dall'altro. Il calco in gesso è stato esposto all'interno di una vetrina dalla forma parallelepipedica, con basamento di colore bianco lucido (alto 1 metro, largo e lungo 0,50 metri) e un top in vetro senza cornice (alto 0,50 metri, largo e lungo 0,49 metri). Un supporto metallico sostiene il calco al fine di presentarlo eretto.

Dallo studio iniziale delle variabili, sono emerse le seguenti categorie: alterazione di luce; alterazione del trattamento delle superfici; alterazione per inserimento di elementi grafici; alterazione dell'articolazione planimetrica; alterazione di elemento allestitivo. In alcuni casi le variabili sono state proposte combinate, in altri casi è stata usata un'unica variabile.

Per le stanze sono state utilizzate tre forme di illuminazione: la *luce per vedere*, la *luce per guardare* e la *luce da guardare*. Furono definite da Richard Kelly, pioniere della progettazione illuminotecnica qualitativa, il quale riunì le teorie esistenti sulla psicologia della percezione e sull'illuminazione scenografica nelle tre forme di illuminazione³⁶⁷.

Chiamò *ambient luminescence* — tradotto, 'luminescenza ambientale' o 'luce per vedere' — l'illuminazione generale dell'ambiente, dove lo spazio, le persone e gli oggetti sono perfettamente visibili. Questa forma di illuminazione consente un buon orientamento spaziale. Si può ottenere, ad esempio, con l'illuminazione delle superfici verticali³⁶⁸.

³⁶⁷ Erco, *Culture – La luce per l'arte. Principi di progettazione ed allestimento* < <https://lightfinder.erco.com/it/contentaccess/page/download/media+cluster-culture>>, in “<https://www.erco.com/it/>”.

³⁶⁸ Erco, *Culture – La luce per l'arte. Principi di progettazione ed allestimento* < <https://lightfinder.erco.com/it/contentaccess/page/download/media+cluster-culture>>, in “<https://www.erco.com/it/>”.

La luminescenza ambientale è la luce ininterrotta di una mattina di neve in aperta campagna. [...] È una qualsiasi galleria d'arte con strisce luminose sulle pareti, soffitto traslucido e pavimento bianco. È anche tutto ciò che conosciamo dell'illuminazione "indiretta".

La luminescenza ambientale produce un'illuminazione senza ombre. Riduce al minimo la forma e l'ingombro. Minimizza l'importanza di tutte le cose e le persone. Suggerisce la libertà dello spazio e può suggerire l'infinito. Di solito è rassicurante. Tranquillizza i nervi ed è riposante³⁶⁹.

Con *focal glow* — 'bagliore focale' o 'luce per guardare' — si intende l'illuminazione accentuata di zone o oggetti di particolare interesse nella stanza. La luce assume il compito di contribuire attivamente alla trasmissione di informazioni. Orienta l'attenzione dell'osservatore³⁷⁰.

Il bagliore focale è il punto da seguire sul palcoscenico moderno. È la sorgente di luce sulla vostra poltrona da lettura preferita. È il raggio di sole che riscalda la fine della valle. È il lume di candela sul viso e la torcia elettrica sulle scale. Il bagliore focale attira l'attenzione, mette insieme parti diverse, vende merce, separa l'importante dal non importante, aiuta le persone a vedere³⁷¹.

Infine, *play of brilliants*, 'gioco di brillanti' o 'luce da guardare', è una forma di luce decorativa; diventa protagonista nello spazio; la luce rappresenta un'informazione di per sé³⁷²:

Il gioco di brillanti è Times Square di notte. È la sala da ballo settecentesca con lampadari di cristallo e molte fiamme di candele. È la luce del sole su una fontana o un ruscello increspato. È un deposito di diamanti in una grotta aperta. È il rosone di Chartres. Le automobili notturne su un raccordo trafficato, una città notturna vista dall'alto. Sono gli alberi fuori dalla finestra che si intrecciano con i fasci di luce dei lampioni. È una vetrina scintillante di cristalleria pregiata.

Il gioco di brillanti eccita i nervi ottici e a sua volta stimola il corpo e lo spirito, accelera l'appetito, risveglia la curiosità, aguzza l'ingegno. Distrarre o divertire³⁷³.

³⁶⁹ Richard Kelly, *Lighting as an Integral Part of Architecture*, in "College Art Journal", Vol. 12 (1), 1952, p. 25.

³⁷⁰ Erco, *Culture – La luce per l'arte. Principi di progettazione ed allestimento* < <https://lightfinder.erco.com/it/contentaccess/page/download/media+cluster-culture>>, in "<https://www.erco.com/it/>".

³⁷¹ Richard Kelly, *Lighting as an Integral Part of Architecture*, in "College Art Journal", Vol. 12 (1), 1952, p. 25.

³⁷² Erco, *Culture – La luce per l'arte. Principi di progettazione ed allestimento* < <https://lightfinder.erco.com/it/contentaccess/page/download/media+cluster-culture>>, in "<https://www.erco.com/it/>".

³⁷³ Richard Kelly, *Lighting as an Integral Part of Architecture*, in "College Art Journal", Vol. 12 (1), 1952, p. 25.

Nelle stanze con la baseline è stata usata la forma *luce per vedere*. Sono stati pensati apparecchi di illuminazione a vista montati sul soffitto: dieci faretti installati su binario elettrificato di colore bianco. I faretti sono stati disposti ad un metro di distanza dalle pareti verticali e inclinati di 30° rispetto alle pareti. È stata scelta una temperatura di colore pari a 4000K (luce bianca neutra). Il numero di apparecchi e la tipologia di distribuzione della luce dei singoli faretti (tipologia wallwash), permette una distribuzione uniforme della luce nello spazio. In alcuni casi (stanze con alterazioni differenti), dove è stata usata la *luce per vedere*, il colore dell'apparecchio o la temperatura di colore sono stati modificati.

Nelle stanze in cui è stata usata la *luce per guardare*, l'Epitaffio di Lucifer e l'Epigrafe di Claudia Victoria sono stati illuminati con un faretto installato sul soffitto (direzione della luce dall'alto). Per il calco in gesso di Claudia Victoria è stato scelto un profilo angolare con luce a LED, installato all'interno della vetrina sul basamento (direzione della luce dal basso). Il colore degli apparecchi e le temperature di colore sono stati scelti in base alla specifica alterazione.

Per la stanza con i reperti di Claudia Victoria il risultato sono tredici immagini, invece, per la stanza con il reperto di Lucifer il risultato sono otto immagini, per un totale di ventuno immagini. Di seguito sono presentati gli elaborati finali.

Baseline

Stato emotivo atteso: **nessuna emozione**

Opera esposta *Epitaffio e calco in gesso di Claudia Victoria*

Forma d'illuminazione artificiale *luce per vedere*: faretti a soffitto installati su binario elettrificato; corpo dell'oggetto di colore bianco; temperatura di colore 4000 k.

Descrizione: chiusure verticali e chiusura superiore rifinite in intonaco di colore bianco; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo; vetrina espositiva per calco in gesso con basamento di colore bianco lucido.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Alterazione di luce

Aggettivi descrittivi della stanza: **intimo, importante, ombroso**

Stato emotivo atteso: **curiosità, nessuna emozione**

Opera esposta *Epitaffio e calco in gesso di Claudia Victoria*

Forma d'illuminazione artificiale *luce per guardare*: faretto a soffitto di colore bianco e temperatura di colore 3500 k; profilo angolare con luce a LED, installato sul basamento della vetrina e temperatura di colore 4000 k.

Descrizione: chiusure verticali e chiusura superiore rifinite in intonaco di colore bianco; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo; vetrina espositiva per calco in gesso con basamento di colore bianco lucido.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Alterazione di luce

Aggettivi descrittivi della stanza: **sereno**

Stato emotivo atteso: **nessuna emozione**

Opera esposta *Epitaffio e calco in gesso di Claudia Victoria*

Illuminazione naturale e artificiale. Forma d'illuminazione artificiale *luce per vedere*: faretti a soffitto installati su binario elettrificato; corpo dell'oggetto di colore bianco; temperatura di colore 3000 k.

Descrizione: chiusure verticali e chiusura superiore rifinite in intonaco di colore bianco; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo; apertura sull'esterno a sinistra; vetrina espositiva per calco in gesso con basamento di colore bianco lucido.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Alterazione trattamento superfici

Aggettivi descrittivi della stanza: **rilassante, fanciullesco**

Stato emotivo atteso: **curiosità, noia**

Opera esposta *Epitaffio e calco in gesso di Claudia Victoria*

Forma d'illuminazione artificiale *luce per vedere*: faretti a soffitto installati su binario elettrificato; corpo dell'oggetto di colore bianco; temperatura di colore 4000 k.

Descrizione: chiusure verticali e chiusura superiore rifinite in intonaco di azzurro; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo; vetrina espositiva per calco in gesso con basamento di colore azzurro.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Alterazione di luce e trattamento superfici

Aggettivi descrittivi della stanza: **ombroso**

Stato emotivo atteso: **curiosità, oppressione**

Opera esposta *Epitaffio e calco in gesso di Claudia Victoria*

Forma d'illuminazione artificiale *luce per guardare*: faretto a soffitto di colore bianco e temperatura di colore 4000 k; profilo angolare con luce a LED, installato sul basamento della vetrina e temperatura di colore 4000 k.

Descrizione: chiusure verticali e chiusura superiore rifinite in intonaco di colore azzurro; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo; vetrina espositiva per calco in gesso con basamento di colore azzurro.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Alterazione trattamento superfici

Aggettivi descrittivi della stanza: **cupo, chiuso**

Stato emotivo atteso: **attraazione, oppressione**

Opera esposta *Epitaffio e calco in gesso di Claudia Victoria*

Forma d'illuminazione artificiale *luce per vedere e luce per guardare*: faretti a soffitto installati su binario elettrificato di colore nero e temperatura di colore 3500 k; profilo angolare con luce a LED, installato sul basamento della vetrina con temperatura di colore 4000 k.

Descrizione: chiusure verticali e chiusura superiore rifinite in intonaco di colore nero; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo; vetrina espositiva per calco in gesso con basamento di colore nero.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Alterazione di luce

Aggettivi descrittivi della stanza: **intimo, pacifico, meditativo**

Stato emotivo atteso: **attrazione, curiosità**

Opera esposta *Epitaffio e calco in gesso di Claudia Victoria*

Forma d'illuminazione artificiale *luce per guardare e luce da guardare*: faretti per la proiezione di immagini e faretto per il manufatto (temperatura di colore 4000 k) installati su binario elettrificato di colore bianco; profilo angolare con luce a LED, installato sul basamento della vetrina e temperatura di colore 4000 k.

Descrizione: chiusure verticali e chiusura superiore rifinite in intonaco di colore bianco; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo; vetrina espositiva per calco in gesso con basamento di colore nero.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Alterazione di luce e per inserimento di elementi grafici

Aggettivi descrittivi della stanza: **misterioso**

Stato emotivo atteso: **curiosità**

Opera esposta *Epitaffio e calco in gesso di Claudia Victoria*

Forma d'illuminazione artificiale *luce per guardare*: faretto a soffitto di colore nero con temperatura di colore 4000 k; profilo angolare con luce a LED, installato sul basamento della vetrina con temperatura di colore 4000 k.

Descrizione: chiusure verticali con LED display (proiezione stilizzata del calco); chiusura superiore rifinita in intonaco di colore nero; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo; vetrina espositiva per calco in gesso con basamento di colore bianco.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Alterazione per inserimento di elementi grafici

Aggettivi descrittivi della stanza: **malinconico**

Stato emotivo atteso: **coinvolgimento**

Opera esposta *Epitaffio e calco in gesso di Claudia Victoria*

Forma d'illuminazione artificiale *luce per vedere*: faretti a soffitto installati su binario elettrificato; corpo dell'oggetto di colore bianco; temperatura di colore 3000 k.

Descrizione: chiusure verticali e chiusura superiore rifinite in intonaco di colore bianco; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo; vetrina espositiva per calco in gesso con basamento di colore bianco; elemento di testo di colore nero su parete di fondo.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Alterazione trattamento superfici

Aggettivi descrittivi della stanza: **duraturo, immutabile, solido**

Stato emotivo atteso: **disinteresse, noia**

Opera esposta *Epitaffio e calco in gesso di Claudia Victoria*

Forma d'illuminazione artificiale *luce per vedere*: faretti a soffitto installati su binario elettrificato; corpo dell'oggetto di colore bianco; temperatura di colore 4000 k.

Descrizione: chiusure verticali in calcestruzzo facciavista; chiusura superiore rifinita in intonaco di colore bianco; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo; vetrina espositiva per calco in gesso con basamento di colore bianco.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Alterazione di luce e trattamento superfici

Aggettivi descrittivi della stanza: **ombroso, segreto, immutabile, solido**

Stato emotivo atteso: **disinteresse, oppressione**

Opera esposta *Epitaffio e calco in gesso di Claudia Victoria*

Forma d'illuminazione artificiale *luce per guardare*: faretto a soffitto di colore bianco con temperatura di colore 4000 k; profilo angolare con luce a LED, installato sul basamento della vetrina con temperatura di colore 4000 k.

Descrizione: chiusure verticali in calcestruzzo facciavista; chiusura superiore rifinita in intonaco di colore bianco; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo; vetrina espositiva per calco in gesso con basamento di colore bianco.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Alterazione di luce e di elemento allestitivo

Aggettivi descrittivi della stanza: **leggero, inviolabile, inalterabile**

Stato emotivo atteso: **coinvolgimento**

Opera esposta *Epitaffio e calco in gesso di Claudia Victoria*

Forma d'illuminazione artificiale *luce per guardare*: faretto a soffitto di colore bianco con temperatura di colore 4000 k; superficie a LED installata all'interno della vetrina con temperatura di colore 4000 k.

Descrizione: chiusure verticali e chiusura superiore rifinite in intonaco di colore bianco; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo; calco in gesso esposto all'interno di una vetrina di vetro appesa al soffitto con supporto metallico per il sostegno del manufatto.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Alterazione di luce e trattamento superfici

Aggettivi descrittivi della stanza: **freddo, solenne**

Stato emotivo atteso: **attraZIONE**

Opera esposta *Epitaffio e calco in gesso di Claudia Victoria*

Forma d'illuminazione artificiale *luce da guardare*: superficie a LED circolare appesa al soffitto con temperatura di colore 3500 k.

Descrizione: chiusure verticali e chiusura superiore rifinite in intonaco di colore nero; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo; vetrina espositiva per calco in gesso con basamento di colore nero.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Baseline

Stato emotivo atteso: **nessuna emozione**

Opera esposta *Epitaffio di Lucifero*

Forma d'illuminazione artificiale *luce per vedere*: faretti a soffitto installati su binario elettrificato; corpo dell'oggetto di colore bianco; temperatura di colore 4000 k.

Descrizione: chiusure verticali e chiusura superiore rifinite in intonaco di colore bianco; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Alterazione di luce

Aggettivi descrittivi della stanza: **rilevante, misterioso**

Stato emotivo atteso: **nessuna emozione, curiosità**

Opera esposta *Epitaffio di Lucifero*

Forma d'illuminazione artificiale *luce per guardare*: faretto a soffitto di colore bianco
con temperatura di colore 4000 k.

Descrizione: chiusure verticali e chiusura superiore rifinite in intonaco di colore
bianco; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Alterazione di luce e trattamento superfici

Aggettivi descrittivi della stanza: **gioioso, brillante**

Stato emotivo atteso: **sorpresa, respingimento**

Opera esposta *Epitaffio di Lucifero*

Forma d'illuminazione artificiale *luce per guardare*: faretto a soffitto di colore bianco
con temperatura di colore 4000 k.

Descrizione: chiusure verticali, superiore e inferiore rifinite in resina di colore giallo.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Alterazione di luce e trattamento superfici

Aggettivi descrittivi della stanza: **prezioso, caldo**

Stato emotivo atteso: **attrazione**

Opera esposta *Epitaffio di Lucifero*

Forma d'illuminazione artificiale *luce per guardare e luce da guardare*: faretti a soffitto installati su binario elettrificato; corpo dell'oggetto di colore bianco; temperatura di colore 3000 k.

Descrizione: chiusure verticali laterali e chiusura superiore rifinite in intonaco di colore bianco; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo; chiusura verticale di fondo rifinita in intonaco di colore blu.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Alterazione di luce e per inserimento di elementi grafici

Aggettivi descrittivi della stanza: **gioioso**
Stato emotivo atteso: **curiosità, coinvolgimento**

Opera esposta *Epitaffio di Lucifero*

Forma d'illuminazione artificiale *luce per guardare e luce da guardare*: faretti con emissione di luce colorata e faretto con temperatura di colore 4000 k installati su binario elettrificato; corpo dell'oggetto di colore bianco.

Descrizione: chiusure verticali e chiusura superiore rifinite in intonaco di colore bianco; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo; elemento di testo a LED su parete di fondo.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Alterazione di luce e trattamento superfici

Aggettivi descrittivi della stanza: **intimo, dinamico, forte, durevole**

Stato emotivo atteso: **attraZIONE**

Opera esposta *Epitaffio di Lucifero*

Forma d'illuminazione artificiale *luce per guardare e luce da guardare*: faretto a soffitto di colore bianco con temperatura di colore 3500 k.

Descrizione: chiusure verticali rifinite in intonaco di colore bianco e pannelli in metallo microforati; chiusura superiore rifinita in intonaco di colore bianco; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Alterazione di luce e articolazione planimetrica

Aggettivi descrittivi della stanza: **dinamico, dolce, accogliente**

Stato emotivo atteso: **sorpresa**

Opera esposta *Epitaffio di Lucifero*

Forma d'illuminazione artificiale *luce per guardare e luce da guardare*: faretto a soffitto di colore bianco con temperatura di colore 4000 k; sistemi a LED installati sul soffitto con temperatura di colore 4000 k.

Descrizione: chiusure verticali laterali curvilinee; chiusura verticale di fondo rifinita in intonaco di colore bianco; chiusura superiore rifinita in intonaco di colore bianco; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Alterazione di luce e trattamento superfici

Aggettivi descrittivi della stanza: **segreto, accogliente, calmo**

Stato emotivo atteso: **curiosità, attrazione**

Opera esposta *Epitaffio di Lucifero*

Forma d'illuminazione artificiale *luce per guardare e luce naturale*: faretto a soffitto di colore bianco con temperatura di colore 4000 k.

Descrizione: chiusure verticali laterali rifinite in intonaco di colore bianco; chiusura verticale di fondo in carta di riso retroilluminata; chiusura superiore rifinita in intonaco di colore bianco; chiusura inferiore rifinita in calcestruzzo; sostegno del manufatto in legno.

Dimensioni della stanza: lunghezza 4 m; larghezza 3,5 m; altezza 4,5 m.



Metodo d'indagine

Lo strumento d'indagine di questa ricerca è il sondaggio. Per la costruzione del questionario è stato utilizzato il Software *Limesurvey*, applicazione open source che consente di creare e gestire indagini online.

Nel sondaggio è stato chiesto di osservare e valutare le ventuno immagini. Una parte dei soggetti intervistati hanno ricevuto un questionario con all'interno una sezione contenente la descrizione dei manufatti (l'Epitaffio di Lucifer e l'epigrafe e il calco in gesso di Claudia Victoria), quindi hanno valutato le immagini conoscendo la storia dei reperti; diversamente, un'altro gruppo di soggetti intervistati, non ha ricevuto nessuna informazione sui manufatti.

Nello specifico, nella prima parte del questionario sono stati raccolti i dati anagrafici dei partecipanti: genere sessuale (femmina, maschio, altro, preferisco non rispondere), età (<18; 18-26; 27-39; 40-60; 61-75; >75), nazionalità (domanda aperta), titolo di studio (licenza elementare; licenza media; diploma di scuola superiore; laurea / titolo equiparabile; specializzazione post-laurea) e occupazione (inoccupato / disoccupato; dirigente; imprenditore; docente; impiegato; operaio; libero professionista; studente; pensionato; non so/non voglio rispondere).

Dopo la raccolta delle informazioni personali, tramite un'equazione per la randomizzazione, gli intervistati al sondaggio sono stati diramati in modo casuale verso due differenti sezioni. Una sezione — sondaggio *consapevole* — conteneva una breve introduzione al questionario e la descrizione dei manufatti; l'altra sezione — sondaggio *non consapevole* — conteneva il messaggio introduttivo al questionario. In entrambe le sezioni il messaggio introduttivo è stato posto nel seguente modo: *Adesso ti mostreremo alcune immagini di stanze di un museo. Per ogni immagine ti chiederemo, in base alla tua impressione immediata, di valutare con quanta probabilità, se fossi in un museo, entreresti in quella stanza e di associare ad ogni stanza uno degli stati emotivi proposti.*

A tutti gli intervistati sono state presentate le ventuno immagini. Per aumentare la qualità delle risposte³⁷⁴, è stata impostata una randomizzazione a blocchi (le immagini con le relative domande sono state organizzate in blocchi; la randomizzazione riguarda

³⁷⁴ Alcuni studi sul comportamento degli intervistati hanno riscontrato tre comportamenti distortivi frequenti: *primary effect* (davanti a una serie di opzioni, si tende a scegliere la prima opzione), *recency effect* (propensione a scegliere l'ultima opzione), *soglia d'attenzione e blocchi di domande* (quando i questionari sono divisi a blocchi di domande, si tende a rispondere negli ultimi blocchi seguendo lo stesso schema dei primi).

Fonte: Mauro Ronci, *La randomizzazione: come può migliorare la qualità delle risposte*, < <https://www.idsurvey.com/it/la-randomizzazione-come-puo-migliorare-la-qualita-delle-risposte/>>, in “<https://www.idsurvey.com/it/>”.

sia le immagini sia le risposte all'interno dei blocchi)³⁷⁵. Quindi l'ordine delle immagini è stato diverso per ogni intervistato. Per ogni immagine sono state fatte due domande — due *item*. Il primo item a cui è stato chiesto di rispondere è: «entreresti nella stanza?» Per le risposte è stata usata la scala Likert, tecnica di *scaling* che si compone di un opportuno numero di giudizi per misurare l'atteggiamento delle persone nei confronti di uno specifico item. In questo esperimento è stata usata una scala Likert a sette punti, quindi composta da sette giudizi. Ad ogni giudizio è stato assegnato un punteggio da 1 a 7 (è possibile selezionare massimo un punto della scala). La scala presentava ai poli *decisamente no* (valore minimo: 1) e *decisamente sì* (valore massimo: 7). Il punto 4 rappresenta il giudizio neutrale. Nel sondaggio la scala Likert è stata presentata nella seguente forma grafica:

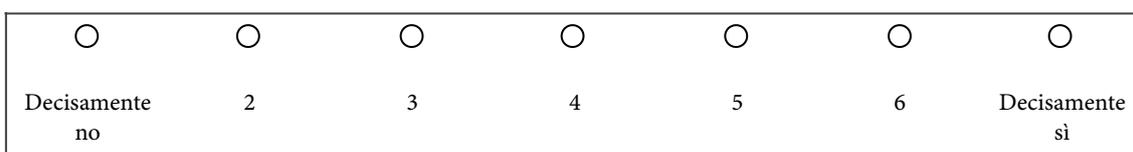


Figura n. 1. Esempio scala Likert con punteggio da 1 a 7 utilizzata nel questionario.

Di seguito al primo item è stato chiesto: «quale stato emotivo ti suscita?» I rispondenti potevano scegliere tra nove stati emotivi di cui quattro positivi: *coinvolgimento, sorpresa, curiosità, attrazione*, quattro negativi: *disinteresse, noia, oppressione, respingimento* e uno neutro: *nessuna emozione*. La scelta degli stati emotivi è stata dettata dalla necessità di trovare emozioni o stati d'animo che risultassero per gli intervistati pertinenti alla sfera museale. Le risposte sono state ordinate in modo randomico per evitare il *primary effect* e il *recency effect*.

Alla fine del questionario sono state riproposte tutte le immagini, divise tra quelle della stanza con i reperti di Claudia Victoria (tredici immagini) e quelle della stanza con i reperti di Lucifer (otto immagini); per entrambi i gruppi è stato chiesto: «quale preferisci?» Quindi è stato chiesto agli intervistati di selezionare una delle immagini.

³⁷⁵ Mauro Ronci, *La randomizzazione: come può migliorare la qualità delle risposte*, <<https://www.idsurvey.com/it/la-randomizzazione-come-puo-migliorare-la-qualita-delle-risposte/>>, in “<https://www.idsurvey.com/it/>”.

S

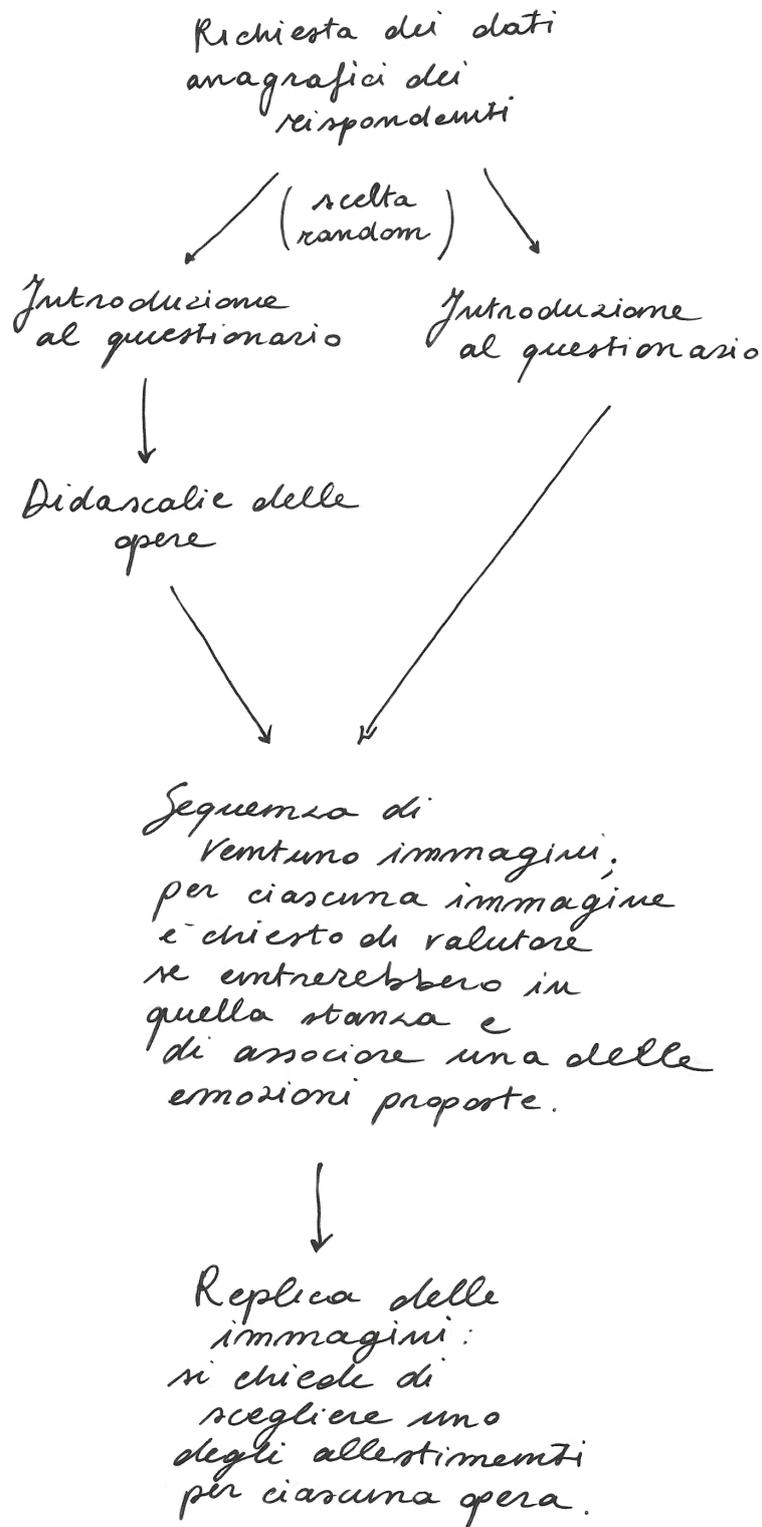


Figura n. 10. Schema della struttura del sondaggio.

Formulazione di ipotesi

Le persone sono molto diverse, hanno gusti diversi, percezioni diverse. Anche lo stesso background formativo può cambiare il giudizio delle persone. Un materiale, un colore, una luce, per un determinato ambiente può essere la soluzione ottimale per qualcuno, ma non la soluzione ottimale per qualcun altro.

I soggetti coinvolti nel sondaggio che hanno ricevuto all'interno del questionario le informazioni relative ai reperti, hanno valutato le stanze anche in relazione alla storia delle opere, quindi si è trattata di una scelta emotiva; diversamente, i soggetti coinvolti nel sondaggio che non hanno ricevuto le informazioni sui reperti, hanno espresso un giudizio prevalentemente sulla base delle caratteristiche architettoniche della stanza. Con questo esperimento volevamo capire se c'è una relazione intersoggettiva tra le persone informate della storia delle opere e le persone non informate della storia, in altre parole, volevamo capire se le valutazioni delle persone appartenenti allo stesso gruppo fossero simili. Dopodiché, confrontare le risposte dei due gruppi. Il quesito è: la conoscenza o meno dei fatti che riguardano un manufatto, varia l'atteggiamento che le persone hanno nei confronti di un dato ambiente e quindi il loro giudizio? L'ipotesi è sì, la conoscenza cambia il giudizio delle persone.

Le alterazioni proposte, sono state scelte perché ritenute in armonia con la storia delle opere e per suscitare specifici stati emotivi. Chiedendo nel questionario di scegliere uno stato emotivo, volevamo capire se lo stato emotivo atteso per ogni alterazione rispecchiasse lo stato emotivo scelto dagli intervistati.

Risultati

Il sondaggio è stato diffuso tramite canali social (Facebook, Instagram, WhatsApp) e sono stati spediti inviti per la partecipazione all'indagine tramite email. I rispondenti al questionario sono stati informati che i dati sono stati utilizzati esclusivamente con finalità di ricerca e non commerciale, in forma aggregata ed anonima.

In totale sono state raccolte le risposte di 116 persone (58 risposte dalle persone consapevoli della storia e 58 risposte dalle persone non consapevoli). I risultati dell'indagine sono stati raccolti da un gruppo non omogeneo di persone: i soggetti variavano per età, background formativo e per stato di occupazione. Gli intervistati hanno impiegato in media circa 12 minuti per compilare tutto il questionario.

L'analisi statistica dei risultati del sondaggio sono state condotte usando il software statistico JMP (versione 17.0.0). Per confrontare e analizzare i dati sono stati usati soprattutto gli indici statistici di posizione: media (valore che permette di riassumere con un solo numero un insieme di dati), moda (valore che identifica la frequenza più alta) e mediana (valore al di sotto del quale cadono la metà dei valori campionari). Inoltre, per analizzare i risultati, è stato usato un indice di variabilità: la deviazione standard (o scarto quadratico medio), utilizzato per misurare quanto sono lontane le unità statistiche dalla media. In altre parole, la deviazione standard serve per sintetizza le deviazioni dalla media³⁷⁶.

Ad ogni immagine è stato dato un ID univoco: nel caso delle stanze con i reperti di Claudia Victoria il nome dell'immagine sarà preceduto dal numero 1 (1.1; 1.2; 1.3;... ecc.); per le stanze con il reperto di Lucifer, il nome dell'immagine sarà preceduto dal numero 2 (2.1; 2.2; 2.3;...ecc.).

³⁷⁶ Paola Pozzolo, *Deviazione standard: definizione e significato*, <<https://paolapozzolo.it/deviazione-standard/>>, in <https://paolapozzolo.it/>.

ID: 1.00

ID: 1.01

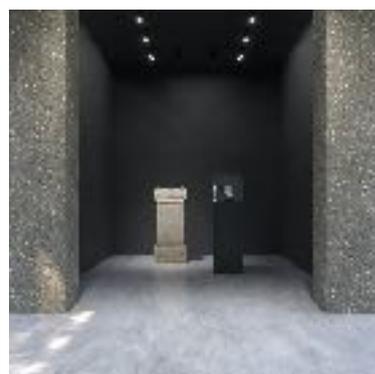
ID: 1.02



ID: 1.03

ID: 1.04

ID: 1.05



ID: 1.06

ID: 1.07

ID: 1.08

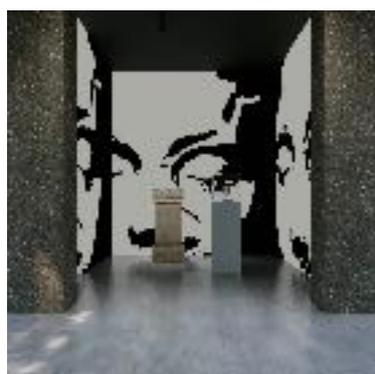


Figura n. 11. Riassunto delle Alterazioni della stanza con i reperti di Claudia Victoria.

ID: 1.09



ID: 1.10



ID: 1.11



ID: 1.12

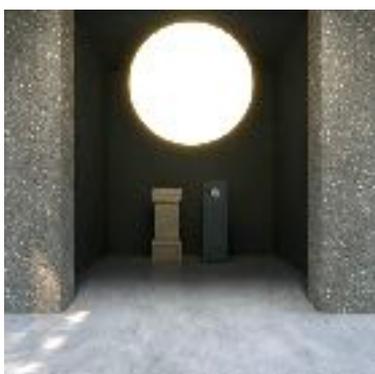


Figura n. 12. Riassunto delle Alterazioni della stanza con i reperti di Claudia Victoria.

2.00



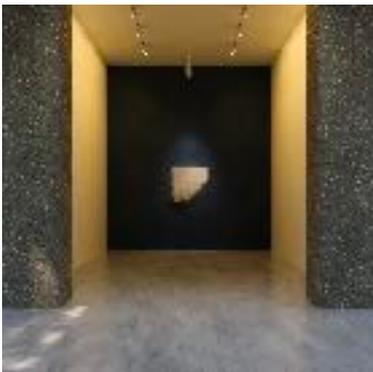
2.01



2.02



2.03



2.04



2.05



2.06



2.07

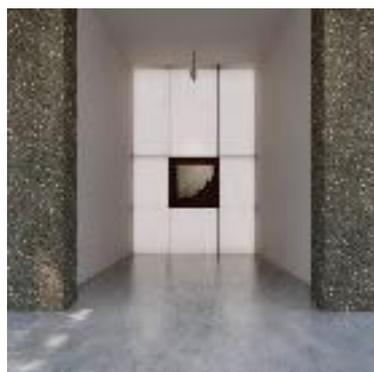


Figura n. 13. Riassunto delle Alterazioni della stanza con il reperto di Lucifer.

Dati anagrafici dei rispondenti al sondaggio.

La Tabella n. 1 mostra a quale categoria di età appartengono i rispondenti al questionario consapevole e non consapevole, dati ulteriormente divisi in genere sessuale. Delle 58 persone del questionario consapevole, 35 sono donne e 23 sono maschi. Nel questionario non consapevole le donne sono 34 e i maschi sono 24. Non sono state registrate risposte di persone con età inferiore a 18 anni. La maggioranza dei partecipanti ha un'età compresa tra i 27 e i 39 anni, seguite dalle persone con un'età compresa tra i 18 e i 26 anni. Invece, sono state registrate le risposte di pochissime persone con un'età maggiore di 75 anni. I risultati descritti nella Tabella n. 1 sono coerenti con i dati raccolti nella Tabella n. 2: la maggior parte delle persone che hanno risposto sono studenti, liberi professionisti e impiegati; inoltre una buona percentuale di persone si trova in pensione. Come si vede dalle Tabella n. 3, la maggior parte delle persone hanno conseguito la laurea o un titolo equiparabile, seguite dalle persone con specializzazione post-laurea.

Età	Questionario consapevole				Questionario non consapevole			
	Femmine	Maschi	Femmine	Maschi	Femmine	Maschi	Femmine	Maschi
<18	0	0	0%	0%	0	0	0%	0%
18 - 26	7	7	12%	12%	8	7	14%	12%
27 -39	16	10	28%	17%	10	14	17%	24%
40 - 60	6	2	10%	3%	5	1	9%	2%
61 - 75	6	3	10%	5%	11	2	19%	3%
>75	0	1	0%	2%	0	0	0%	0%
Totale generale	58		100%		58		100%	

Tabella n. 1. Dati anagrafici: età dei rispondenti divisi per genere sessuale e per questionario consapevole (58 persone in totale) e per questionario non consapevole (58 persone in totale).

Stato di occupazione	Questionario consapevole		Questionario non consapevole	
Inoccupato / disoccupato	1	2%	0	0%
Dirigente	2	3%	0	0%
Imprenditore	3	5%	4	7%
Docente	3	5%	1	2%
Impiegato	15	26%	8	14%
Operaio	4	7%	1	2%
Libero professionista	13	22%	17	29%
Studente	11	19%	17	29%
Pensionato	6	10%	10	17%

Stato di occupazione	Questionario consapevole		Questionario non consapevole	
Totale generale	58	100%	58	100%

Tabella n. 2. Dati anagrafici: stato di occupazione dei rispondenti al sondaggio, distinti per questionario *consapevole* (58 persone in totale) e per questionario *non consapevole* (58 persone in totale).

Titolo di studio	Questionario consapevole		Questionario non consapevole	
Licenza elementare	0	0%	0	0%
Licenza media	0	0%	0	0%
Diploma di scuola superiore	10	17%	8	14%
Laurea / titolo equiparabile	36	62%	37	64%
Specializzazione post - laurea	11	19%	12	21%
Dottorato	1	2%	1	2%
Totale generale	58	100%	58	100%

Tabella n. 3. Dati anagrafici: titolo di studio dei rispondenti al sondaggio, distinti per questionario consapevole (58 persone in totale) e per questionario non consapevole (58 persone in totale).

Nella prossima parte di analisi dei risultati, i fattori «età», «genere sessuale», «stato di occupazione» e «titolo di studio», saranno utilizzati come variabili per verificare se statisticamente esistono differenze significative tra le tendenze di risposta di questi fattori. Per poter semplificare l'utilizzo di queste variabili, i dati dello «stato di occupazione» e i dati del «titolo di studio sono stati», sono stati semplificati raggruppandoli, anche in considerazione del fatto che le risposte del campione di soggetti coinvolti nell'esperimento risulta non omogeneo all'interno della variabile stessa.

I dati dello stato di occupazione sono stati raggruppanti in tre gruppi: il primo è quello dei *lavoratori*, che comprende i dirigenti, gli imprenditori, i docenti, gli impiegati, gli operai e i liberi professionisti; il secondo gruppo è quello degli *studenti*; il terzo riguarda gli *inoccupati*, che comprende gli inoccupati/disoccupati e i pensionati. I dati del titolo di studio sono stati raggruppati e inseriti in due gruppi: il primo costituito da chi ha conseguito il diploma di scuola superiore e il secondo da chi ha conseguito minimo la laurea o un titolo equiparabile. Di seguito le tabelle dei dati raggruppati della variabile «stato di occupazione» (Tabella n. 4) e «titolo di studio» (Tabella n. 5):

Stato di occupazione	Questionario consapevole		Questionario non consapevole	
	Lavoratore	40	69%	31
Studente	11	19%	17	29%
Inoccupato	7	12%	10	17%

Tabella n. 4. Raggruppamento dei dati relativi allo stato di occupazione dei rispondenti al sondaggio.

Titolo di studio	Questionario consapevole		Questionario non consapevole	
	Diploma di scuola superiore	10	17%	8
Minimo laurea/titolo equiparabile	48	83%	50	86%

Tabella n. 5. Raggruppamento dei dati relativi al titolo di studio dei rispondenti al sondaggio.

Baseline (ID:1.00): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	9	4	5
2	23	11	12
3	24	8	16
4	25	12	13
5	19	14	5
6	6	5	1
Decisamente sì	10	4	6

Tabella n. 6. Elaborato riferito all’immagine 1.00. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	8	3	5
Sorpresa	2	2	0
Curiosità	21	13	8
Attrazione	7	5	2
Nessuna emozione	44	18	26
Disinteresse	14	8	6
Noia	20	9	11
Oppressione	0	0	0
Respingimento	0	0	0

Tabella n. 7. Elaborato riferito all’immagine 1.00. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

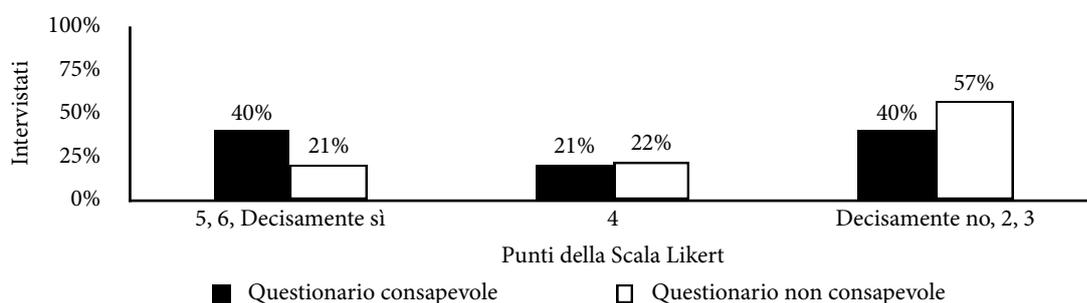


Grafico n. 1. Elaborato riferito all'immagine 1.00. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 6. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

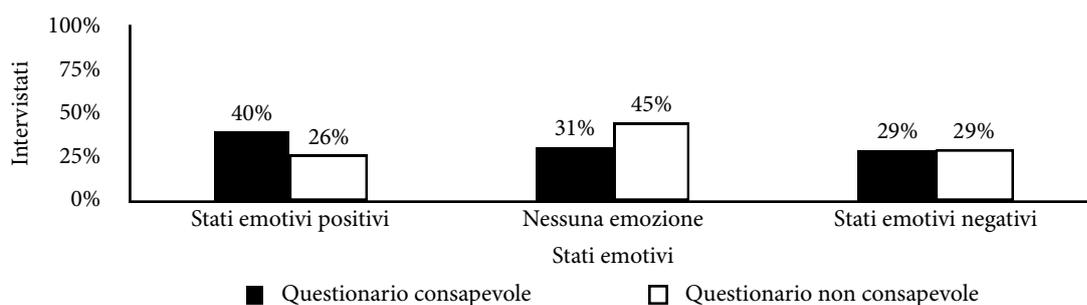


Grafico n. 2. Elaborato riferito all'immagine 1.00. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 7. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Alterazione di luce (ID:1.01): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	6	2	4
2	21	10	11
3	20	9	11
4	28	14	14
5	20	12	8
6	7	4	3
Decisamente sì	14	7	7

Tabella n. 8. Elaborato riferito all’immagine 1.01. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	11	4	7
Sorpresa	1	0	1
Curiosità	13	8	5
Attrazione	12	7	5
Nessuna emozione	33	16	17
Disinteresse	13	7	6
Noia	24	11	13
Oppressione	4	2	2
Respingimento	5	3	2

Tabella n. 9. Elaborato riferito all’immagine 1.01. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

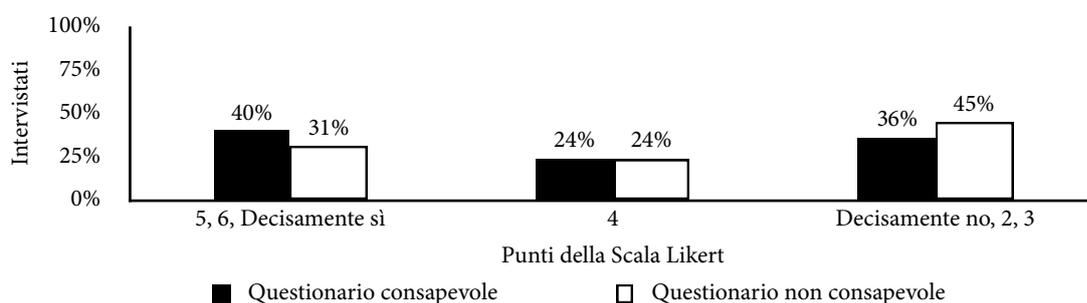


Grafico n. 3. Elaborato riferito all'immagine 1.01. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 8. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

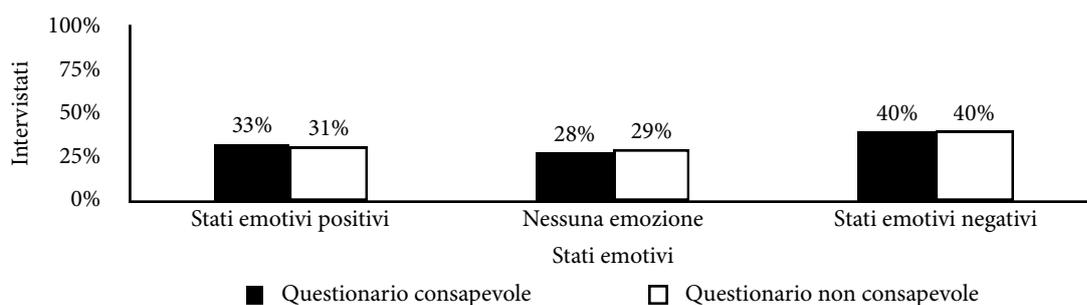


Grafico n. 4. Elaborato riferito all'immagine 1.01. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 9. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Alterazione di luce (ID:1.02): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	5	1	4
2	12	3	9
3	15	9	6
4	20	6	14
5	35	19	16
6	12	8	4
Decisamente sì	17	12	5

Tabella n. 10. Elaborato riferito all’immagine 1.02. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	12	10	2
Sorpresa	6	2	4
Curiosità	26	12	14
Attrazione	23	13	10
Nessuna emozione	28	11	17
Disinteresse	7	1	6
Noia	13	8	5
Oppressione	1	1	0
Respingimento	0	0	0

Tabella n. 11. Elaborato riferito all’immagine 1.02. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

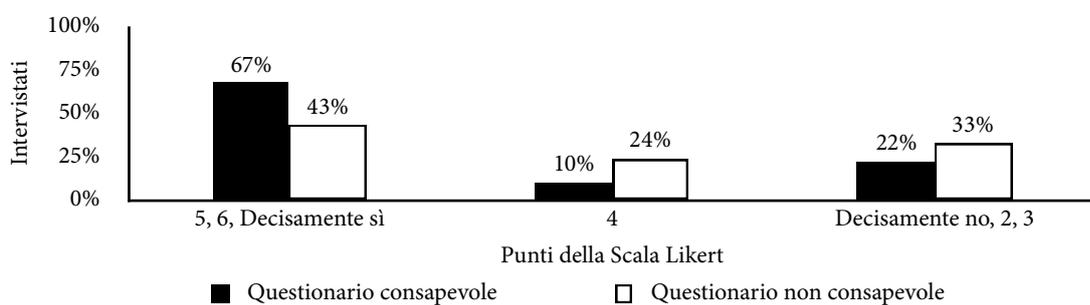


Grafico n. 5. Elaborato riferito all'immagine 1.02. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 10. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

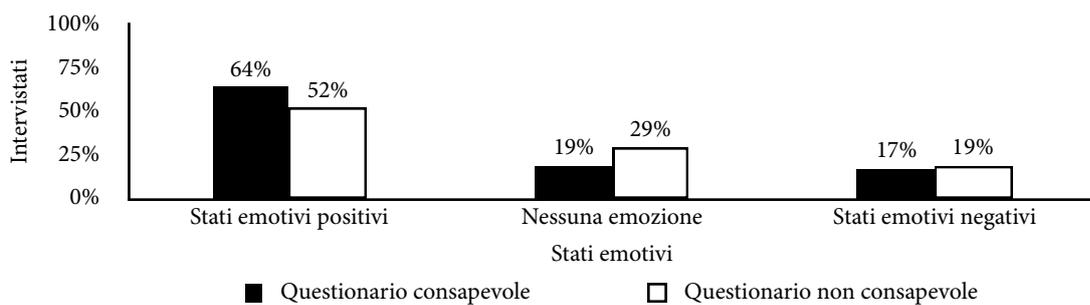


Grafico n. 6. Elaborato riferito all'immagine 1.02. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 11. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Alterazione trattamento superfici (ID:1.03): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	12	5	7
2	19	10	9
3	28	14	14
4	24	13	11
5	18	9	9
6	2	1	1
Decisamente sì	13	6	7

Tabella n. 12. Elaborato riferito all’immagine 1.03. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	6	3	3
Sorpresa	3	1	2
Curiosità	16	8	8
Attrazione	5	3	2
Nessuna emozione	39	15	24
Disinteresse	14	8	6
Noia	22	14	8
Oppressione	3	2	1
Respingimento	8	4	4

Tabella n. 13. Elaborato riferito all’immagine 1.03. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

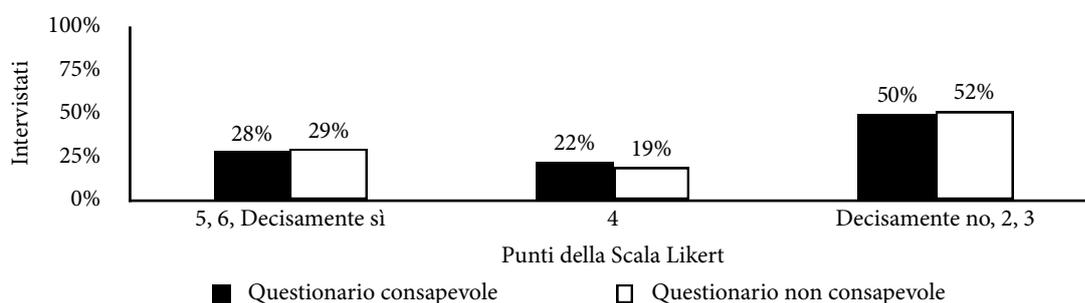


Grafico n. 7. Elaborato riferito all'immagine 1.03. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 12. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

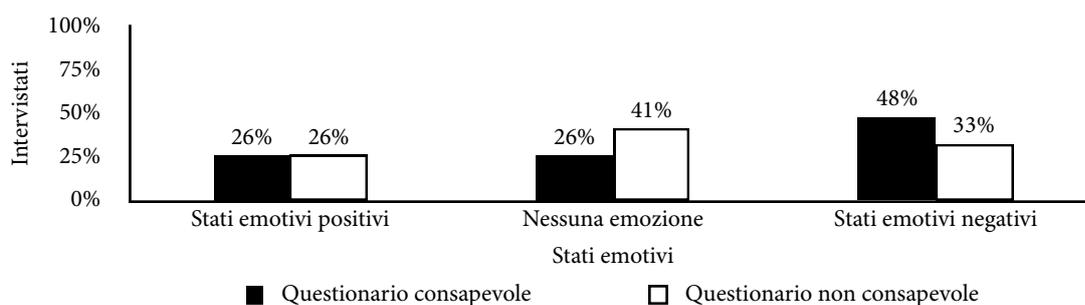


Grafico n. 8. Elaborato riferito all'immagine 1.03. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 13. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Alterazione di luce e trattamento superfici (ID:1.04): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	18	7	11
2	15	7	8
3	19	10	9
4	22	7	15
5	15	10	5
6	8	5	3
Decisamente sì	19	12	7

Tabella n. 14. Elaborato riferito all’immagine 1.04. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	2	1	1
Sorpresa	5	2	3
Curiosità	23	9	14
Attrazione	13	8	5
Nessuna emozione	16	8	8
Disinteresse	13	7	6
Noia	6	3	3
Oppressione	30	16	14
Respingimento	8	4	4

Tabella n. 15. Elaborato riferito all’immagine 1.04. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

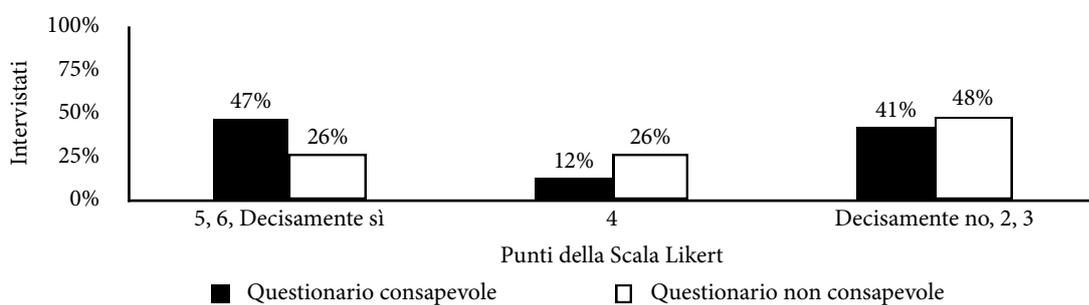


Grafico n. 9. Elaborato riferito all'immagine 1.04. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 14. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

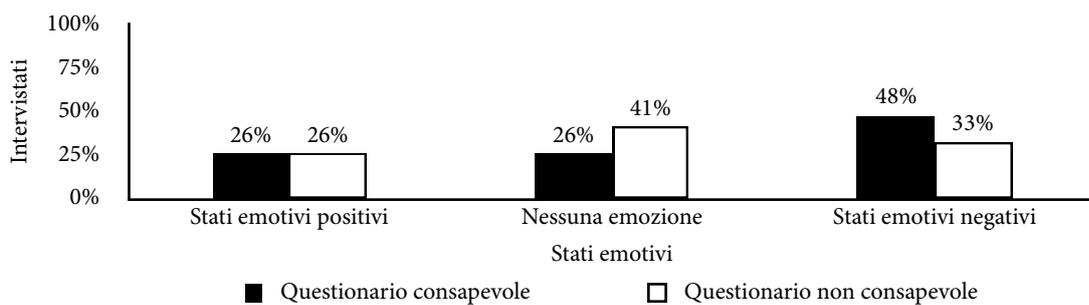


Grafico n. 10. Elaborato riferito all'immagine 1.04. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 15. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Alterazione trattamento superfici (ID:1.05): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	9	2	7
2	13	6	7
3	21	6	15
4	19	13	6
5	25	12	13
6	12	8	4
Decisamente sì	17	11	6

Tabella n. 16. Elaborato riferito all’immagine 1.05. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	11	6	5
Sorpresa	5	3	2
Curiosità	24	15	9
Attrazione	17	11	6
Nessuna emozione	22	9	13
Disinteresse	11	4	7
Noia	12	4	8
Oppressione	10	4	6
Respingimento	4	2	2

Tabella n. 17. Elaborato riferito all’immagine 1.05. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

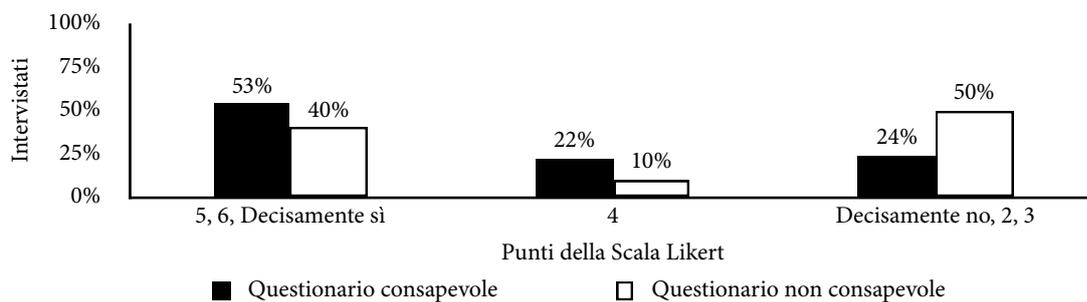


Grafico n. 11. Elaborato riferito all'immagine 1.05. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 16. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

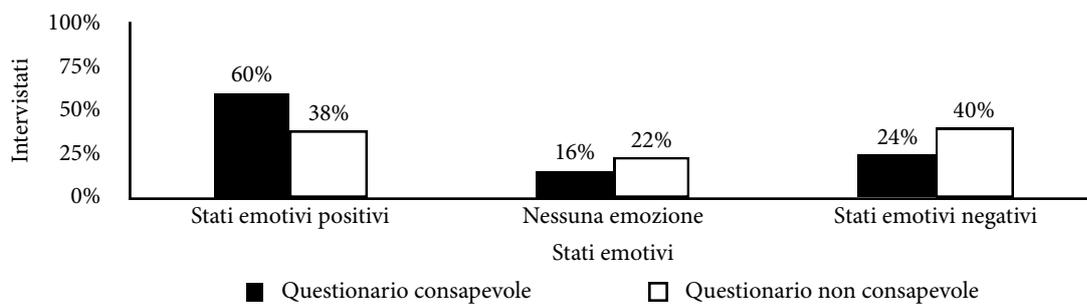


Grafico n. 12. Elaborato riferito all'immagine 1.05. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 17. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Alterazione di luce (ID:1.06): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	6	2	4
2	3	2	1
3	15	8	7
4	6	4	2
5	17	6	11
6	28	16	12
Decisamente sì	41	20	21

Tabella n. 18. Elaborato riferito all’immagine 1.06. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	15	4	11
Sorpresa	25	10	15
Curiosità	27	18	9
Attrazione	30	14	16
Nessuna emozione	4	1	3
Disinteresse	5	4	1
Noia	3	3	0
Oppressione	2	2	0
Respingimento	5	2	3

Tabella n. 19. Elaborato riferito all’immagine 1.06. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

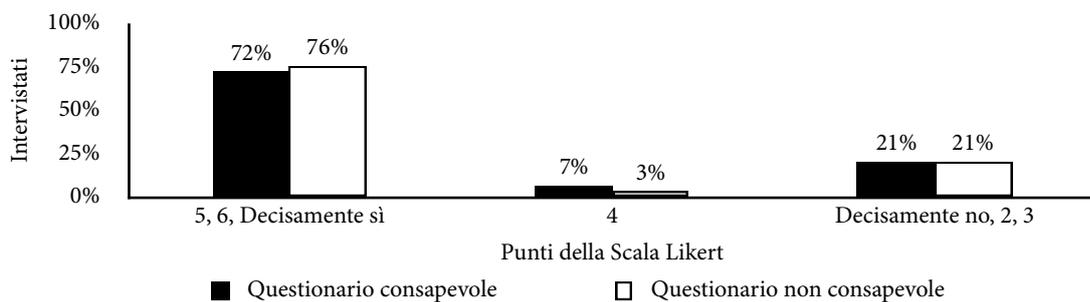


Grafico n. 13. Elaborato riferito all'immagine 1.06. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 18. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

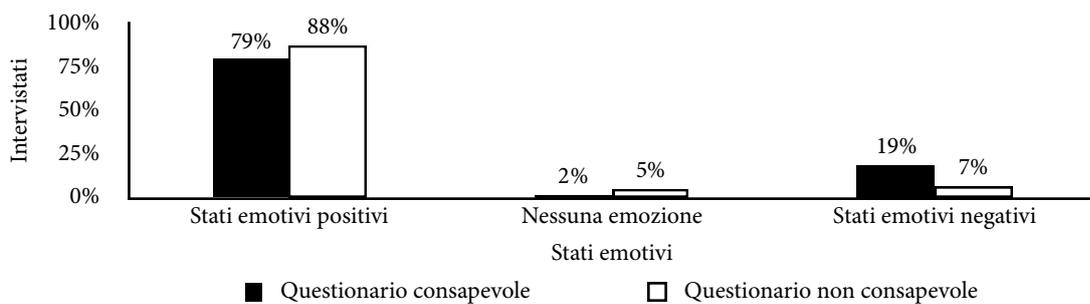


Grafico n. 14. Elaborato riferito all'immagine 1.06. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 19. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Alterazione di luce e per inserimento di elementi grafici (ID:1.07): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	14	6	8
2	10	5	5
3	17	13	4
4	16	9	7
5	23	8	15
6	12	6	6
Decisamente sì	24	11	13

Tabella n. 20. Elaborato riferito all’immagine 1.07. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	6	2	4
Sorpresa	17	7	10
Curiosità	30	14	16
Attrazione	15	6	9
Nessuna emozione	9	6	3
Disinteresse	2	1	1
Noia	3	2	1
Oppressione	15	8	7
Respingimento	19	12	7

Tabella n. 21. Elaborato riferito all’immagine 1.07. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

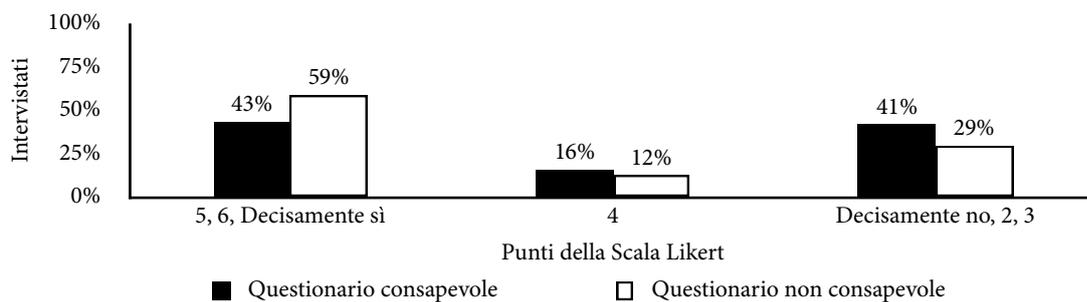


Grafico n. 15. Elaborato riferito all'immagine 1.07. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 20. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

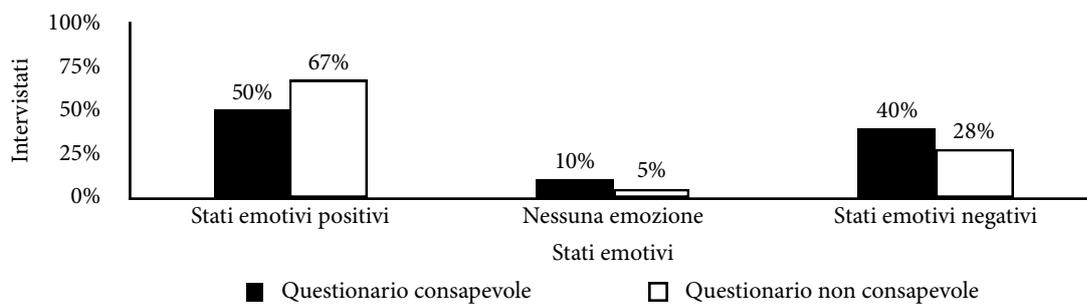


Grafico n. 16. Elaborato riferito all'immagine 1.07. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 21. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Alterazione per inserimento di elementi grafici (ID:1.08): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	10	5	5
2	10	2	8
3	22	10	12
4	15	7	8
5	25	10	15
6	12	7	5
Decisamente sì	22	17	5

Tabella n. 22. Elaborato riferito all’immagine 1.08. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	22	17	5
Sorpresa	3	1	2
Curiosità	42	16	26
Attrazione	8	6	2
Nessuna emozione	14	6	8
Disinteresse	5	2	3
Noia	19	9	10
Oppressione	1	1	0
Respingimento	2	0	2

Tabella n. 23. Elaborato riferito all’immagine 1.08. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

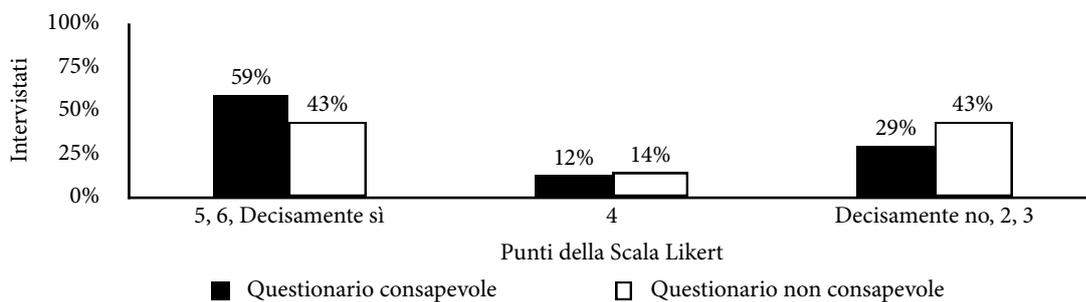


Grafico n. 17. Elaborato riferito all'immagine 1.08. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 22. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

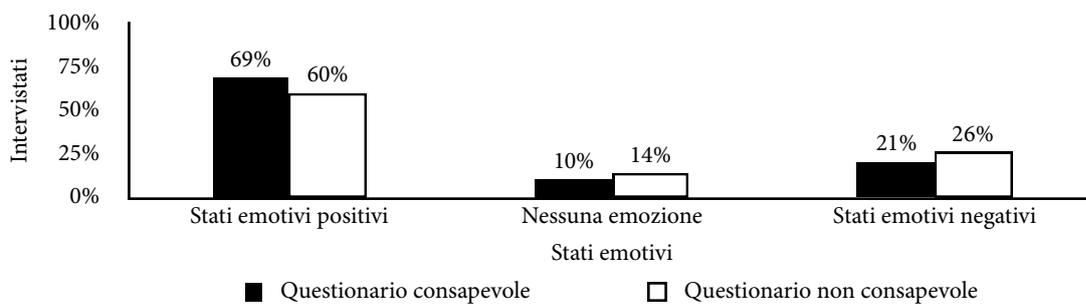


Grafico n. 18. Elaborato riferito all'immagine 1.08. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 23. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Alterazione trattamento superfici (ID:1.09): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	8	2	6
2	16	9	7
3	25	10	15
4	31	17	14
5	14	7	7
6	9	6	3
Decisamente sì	13	7	6

Tabella n. 24. Elaborato riferito all’immagine 1.09. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	6	4	2
Sorpresa	2	1	1
Curiosità	22	7	15
Attrazione	13	7	6
Nessuna emozione	32	17	15
Disinteresse	18	10	8
Noia	16	7	9
Oppressione	5	3	2
Respingimento	2	2	0

Tabella n. 25. Elaborato riferito all’immagine 1.09. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

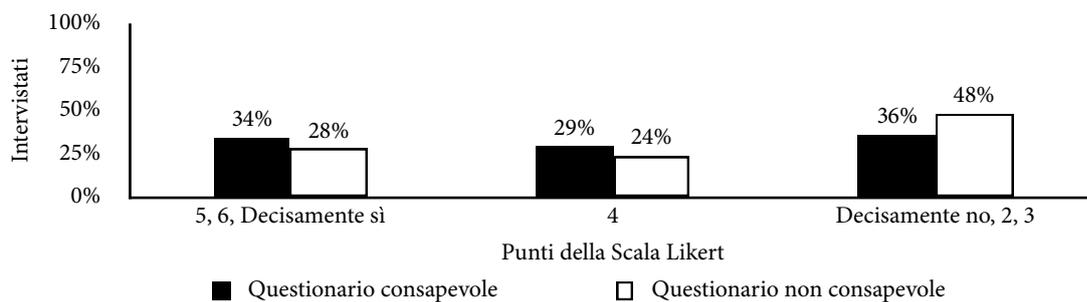


Grafico n. 19. Elaborato riferito all'immagine 1.09. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 24. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

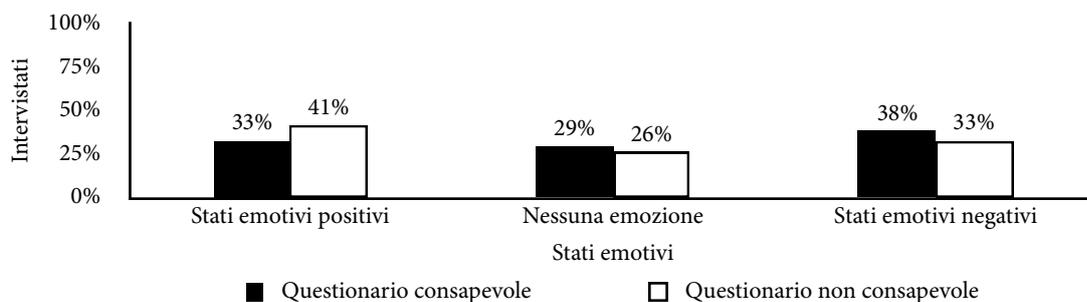


Grafico n. 20. Elaborato riferito all'immagine 1.09. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 25. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Alterazione di luce e trattamento superfici (ID:1.10): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	17	10	7
2	15	5	10
3	20	9	11
4	27	11	16
5	20	13	7
6	5	4	1
Decisamente sì	12	6	6

Tabella n. 26. Elaborato riferito all’immagine 1.10. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	6	4	2
Sorpresa	6	3	3
Curiosità	24	11	13
Attrazione	9	4	5
Nessuna emozione	23	11	12
Disinteresse	11	6	5
Noia	5	3	2
Oppressione	24	11	13
Respingimento	8	5	3

Tabella n. 27. Elaborato riferito all’immagine 1.10. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

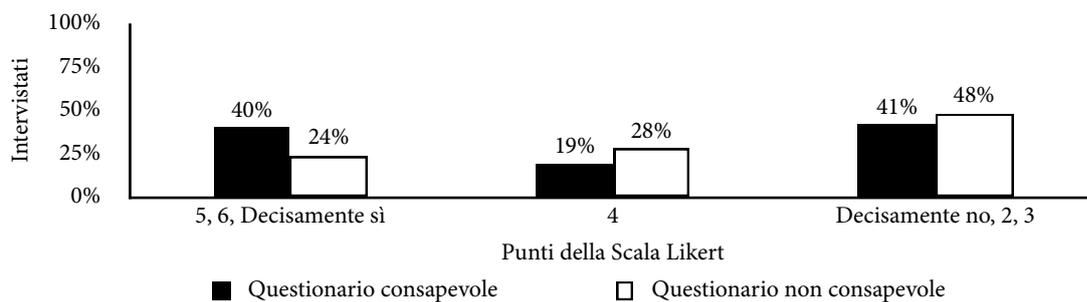


Grafico n. 21. Elaborato riferito all'immagine 1.10. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 26. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

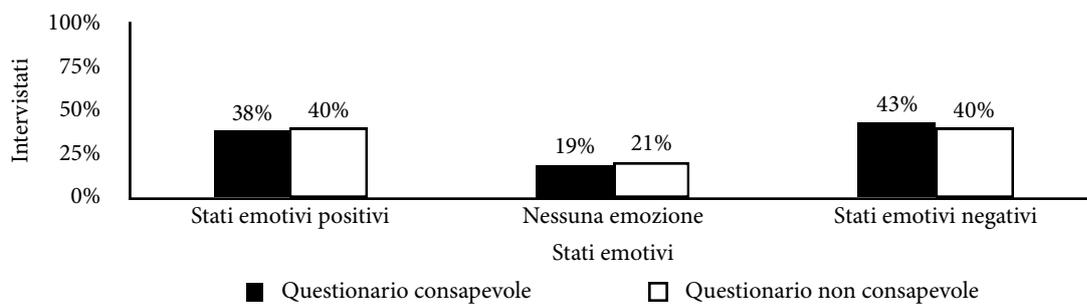


Grafico n. 22. Elaborato riferito all'immagine 1.10. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 27. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Alterazione di luce e di elemento allestitivo (ID:1.11): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	10	3	7
2	1	0	1
3	18	4	14
4	17	9	8
5	29	17	12
6	15	10	5
Decisamente sì	26	15	11

Tabella n. 28. Elaborato riferito all’immagine 1.11. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	9	7	2
Sorpresa	9	7	2
Curiosità	39	23	16
Attrazione	20	10	10
Nessuna emozione	11	1	10
Disinteresse	8	3	5
Noia	8	3	5
Oppressione	8	3	5
Respingimento	4	1	3

Tabella n. 29. Elaborato riferito all’immagine 1.11. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

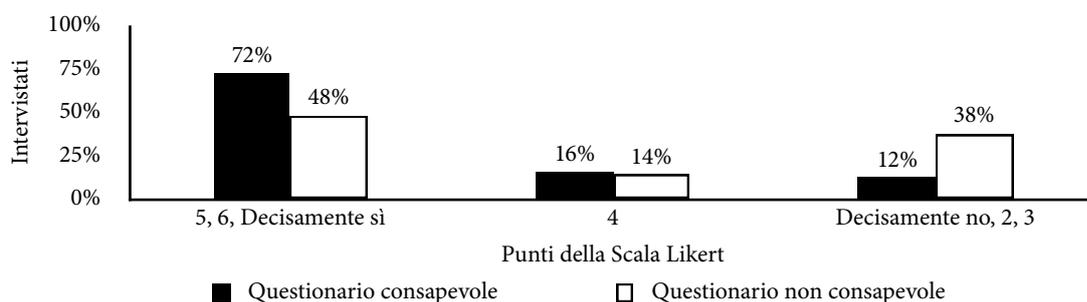


Grafico n. 23. Elaborato riferito all'immagine 1.11. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 28. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

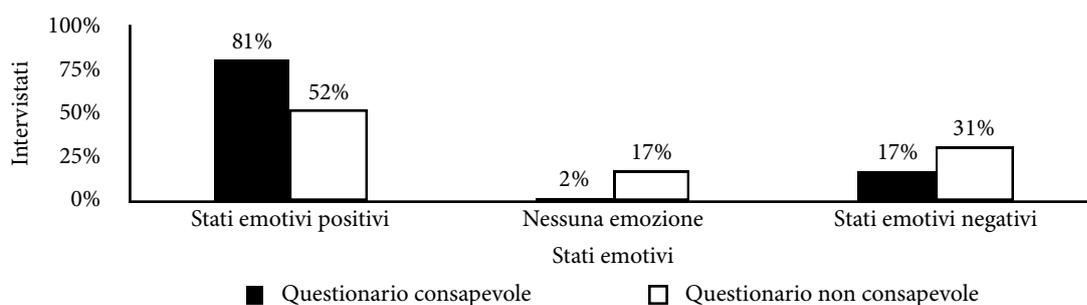


Grafico n. 24. Elaborato riferito all'immagine 1.11. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 29. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Alterazione di luce e trattamento superfici (ID:1.12): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	12	7	5
2	18	10	8
3	12	5	7
4	19	10	9
5	19	9	10
6	13	6	7
Decisamente sì	23	11	12

Tabella n. 30. Elaborato riferito all’immagine 1.12. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	7	3	4
Sorpresa	18	9	9
Curiosità	25	10	15
Attrazione	15	9	6
Nessuna emozione	12	7	5
Disinteresse	12	9	3
Noia	1	0	1
Oppressione	6	3	3
Respingimento	20	8	12

Tabella n. 31. Elaborato riferito all’immagine 1.12. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

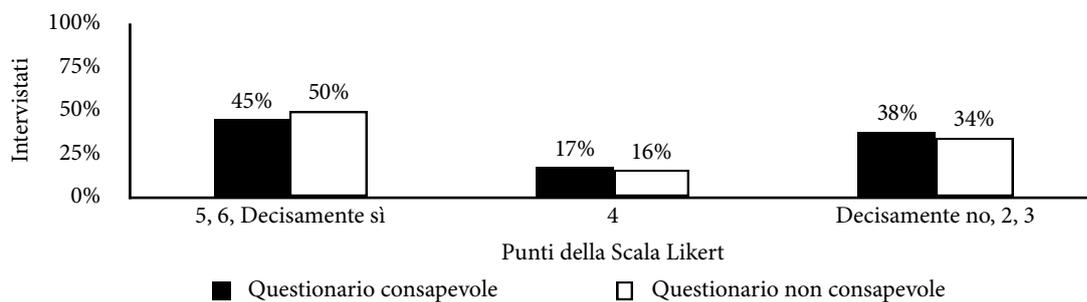


Grafico n. 25. Elaborato riferito all'immagine 1.12. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 30. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

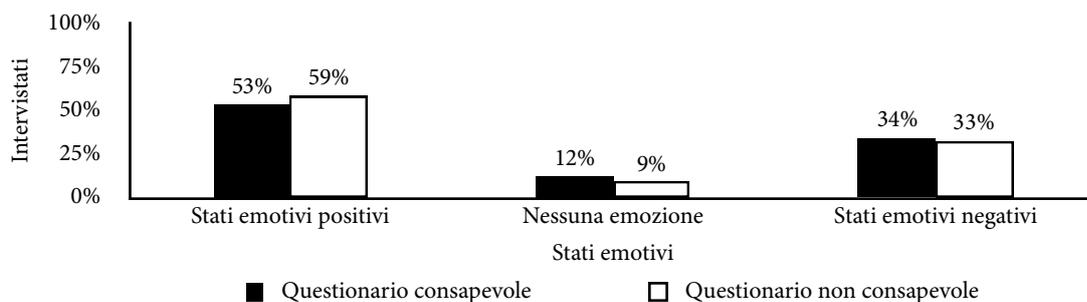


Grafico n. 26. Elaborato riferito all'immagine 1.12. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 31. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Baseline (ID:2.00): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	14	4	10
2	20	7	13
3	21	14	7
4	23	14	9
5	17	7	10
6	6	4	2
Decisamente sì	15	8	7

Tabella n. 32. Elaborato riferito all’immagine 2.00. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	5	4	1
Sorpresa	2	0	2
Curiosità	20	10	10
Attrazione	8	5	3
Nessuna emozione	39	19	20
Disinteresse	18	11	7
Noia	23	8	15
Oppressione	1	1	0
Respingimento	0	0	0

Tabella n. 33. Elaborato riferito all’immagine 2.00. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

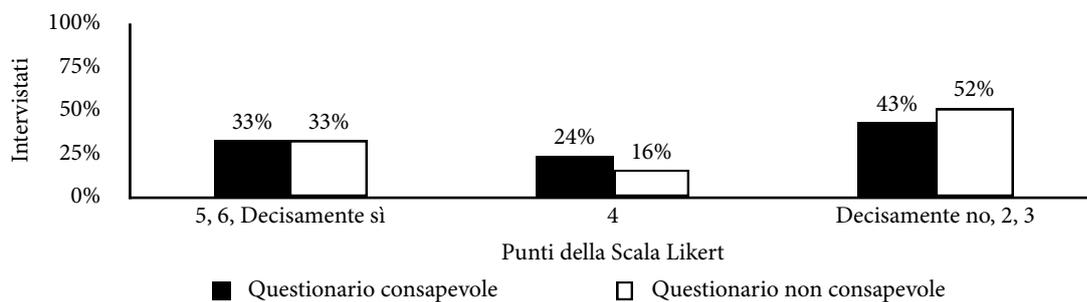


Grafico n. 27. Elaborato riferito all'immagine 2.00. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 32. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

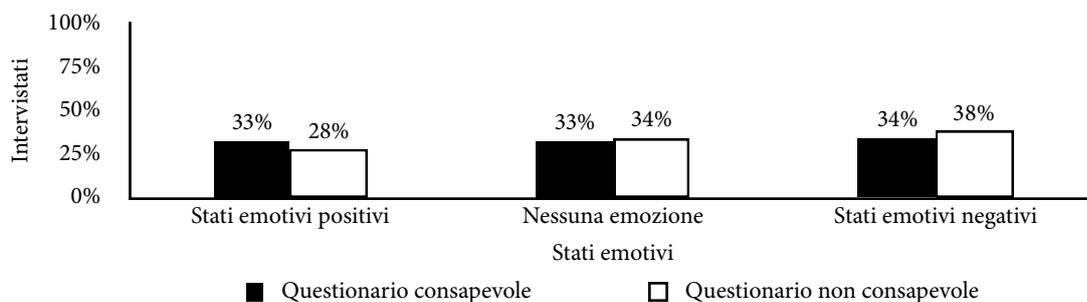


Grafico n. 28. Elaborato riferito all'immagine 2.00. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 33. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Alterazione di luce (ID:2.01): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	12	6	6
2	9	6	3
3	20	10	10
4	24	12	12
5	25	10	15
6	14	7	7
Decisamente sì	12	7	5

Tabella n. 34. Elaborato riferito all’immagine 2.01. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	7	4	3
Sorpresa	2	1	1
Curiosità	41	16	25
Attrazione	16	8	8
Nessuna emozione	15	7	8
Disinteresse	13	8	5
Noia	15	10	5
Oppressione	5	2	3
Respingimento	2	2	0

Tabella n. 35. Elaborato riferito all’immagine 2.01. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

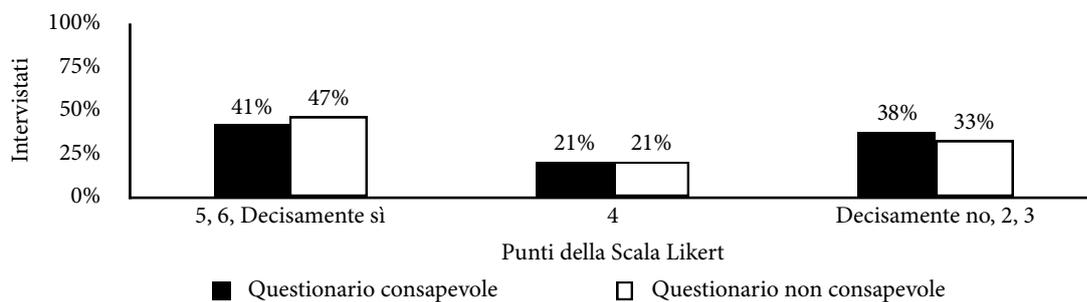


Grafico n. 29. Elaborato riferito all'immagine 2.01. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 34. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

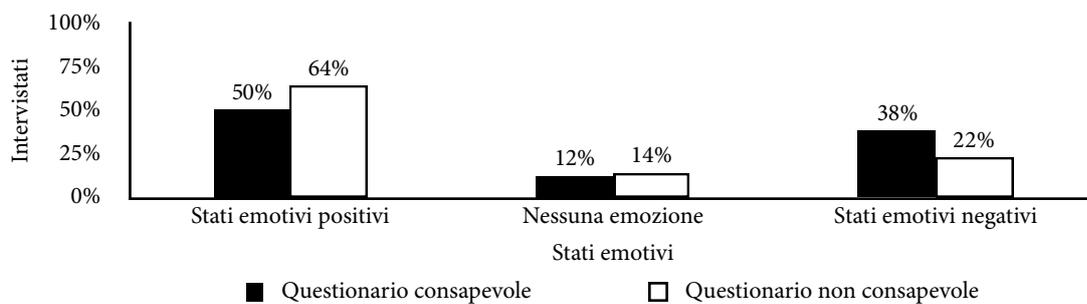


Grafico n. 30. Elaborato riferito all'immagine 2.01. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 35. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Alterazione di luce e trattamento superfici (ID:2.02): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	4	2	2
2	11	7	4
3	11	7	4
4	17	7	10
5	29	13	16
6	20	10	10
Decisamente sì	24	12	12

Tabella n. 36. Elaborato riferito all’immagine 2.02. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	17	10	7
Sorpresa	13	6	7
Curiosità	33	18	15
Attrazione	16	4	12
Nessuna emozione	14	6	8
Disinteresse	8	5	3
Noia	2	1	1
Oppressione	7	4	3
Respingimento	6	4	2

Tabella n. 37. Elaborato riferito all’immagine 2.02. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

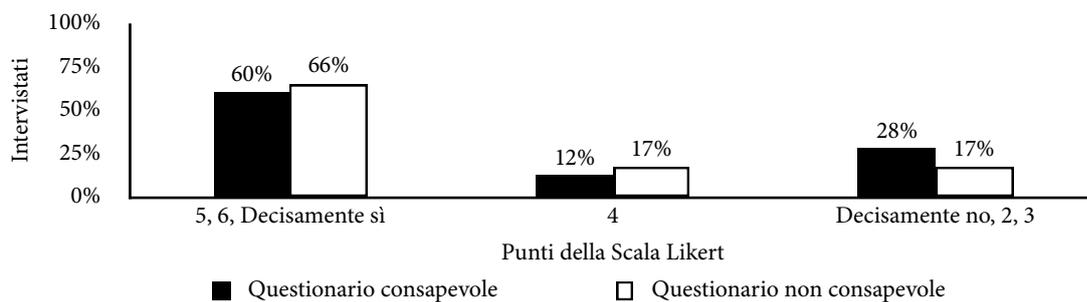


Grafico n. 31. Elaborato riferito all'immagine 2.02. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 36. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

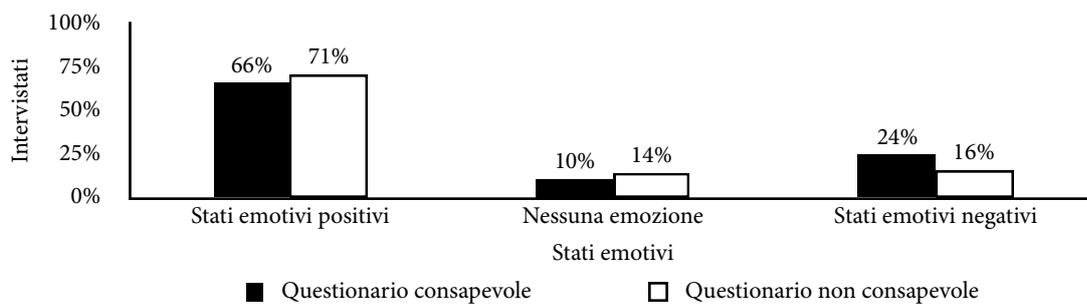


Grafico n. 32. Elaborato riferito all'immagine 2.02. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 37. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Alterazione di luce e trattamento superfici (ID:2.03): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	5	3	2
2	7	3	4
3	13	4	9
4	23	10	13
5	22	11	11
6	20	13	7
Decisamente sì	26	14	12

Tabella n. 38. Elaborato riferito all’immagine 2.03. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	15	5	10
Sorpresa	7	3	4
Curiosità	30	14	16
Attrazione	28	18	10
Nessuna emozione	9	4	5
Disinteresse	12	7	5
Noia	7	4	3
Oppressione	3	1	2
Respingimento	5	2	3

Tabella n. 39. Elaborato riferito all’immagine 2.03. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

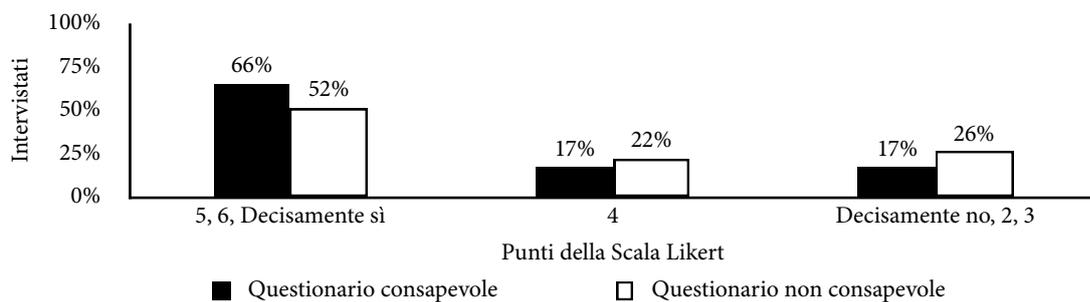


Grafico n. 33. Elaborato riferito all'immagine 2.03. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 38. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

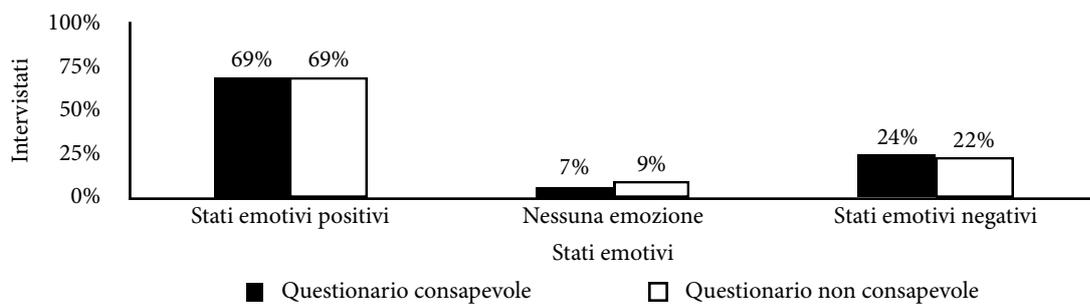


Grafico n. 34. Elaborato riferito all'immagine 2.03. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 39. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Alterazione di luce e per inserimento di elementi grafici (ID:2.04): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	7	3	4
2	10	5	5
3	5	0	5
4	16	9	7
5	19	8	11
6	23	12	11
Decisamente sì	34	19	15

Tabella n. 40. Elaborato riferito all’immagine 2.04. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	10	8	2
Sorpresa	10	5	5
Curiosità	38	18	20
Attrazione	29	14	15
Nessuna emozione	6	3	3
Disinteresse	9	3	6
Noia	4	3	1
Oppressione	3	1	2
Respingimento	7	3	4

Tabella n. 41. Elaborato riferito all’immagine 2.04. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

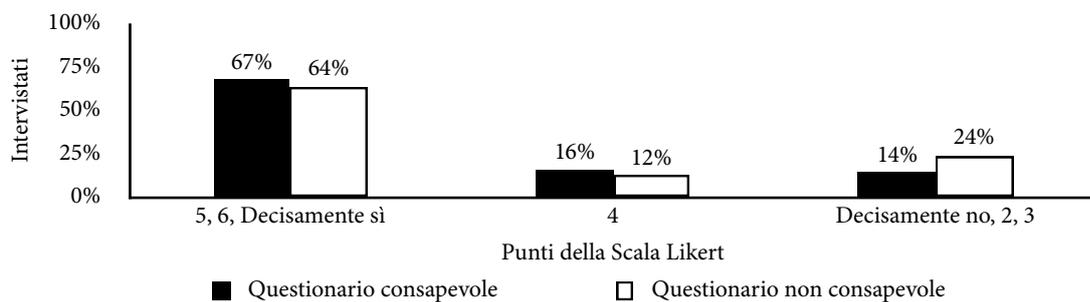


Grafico n. 35. Elaborato riferito all'immagine 2.04. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 40. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

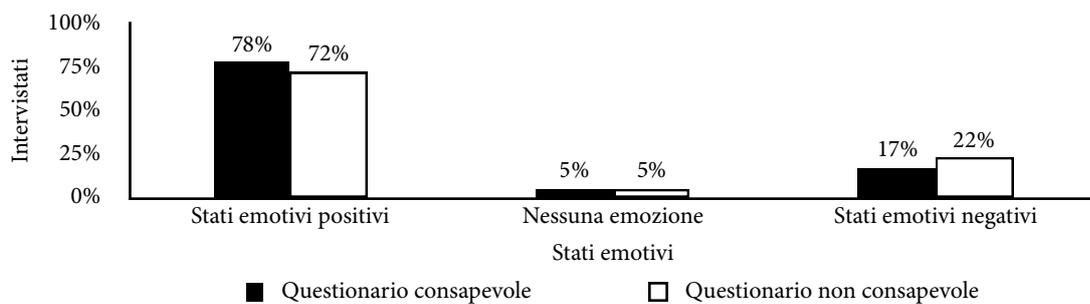


Grafico n. 36. Elaborato riferito all'immagine 2.04. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 41. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Alterazione di luce e trattamento superfici (ID:2.05): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	13	4	9
2	10	5	5
3	6	2	4
4	12	6	6
5	19	10	9
6	19	9	10
Decisamente sì	37	22	15

Tabella n. 42. Elaborato riferito all’immagine 2.05. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	7	1	6
Sorpresa	22	12	10
Curiosità	31	18	13
Attrazione	28	15	13
Nessuna emozione	4	1	3
Disinteresse	6	4	2
Noia	3	1	2
Oppressione	3	2	1
Respingimento	12	4	8

Tabella n. 43. Elaborato riferito all’immagine 2.05. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

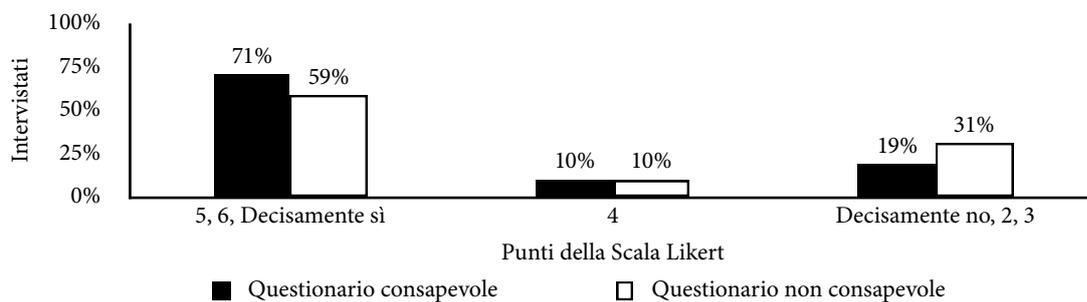


Grafico n. 37. Elaborato riferito all'immagine 2.05. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 42. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

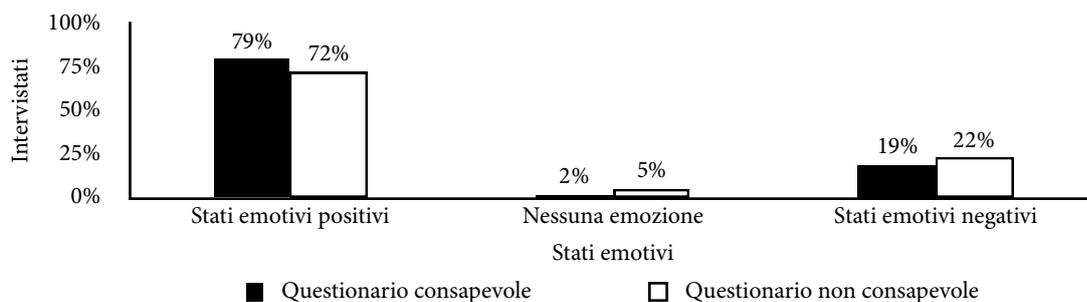


Grafico n. 38. Elaborato riferito all'immagine 2.05. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 43. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Alterazione di luce e articolazione planimetrica (ID:2.06): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	4	2	2
2	8	7	1
3	13	6	7
4	17	10	7
5	27	11	16
6	19	6	13
Decisamente sì	28	16	12

Tabella n. 44. Elaborato riferito all’immagine 2.06. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	20	9	11
Sorpresa	7	4	3
Curiosità	30	14	16
Attrazione	18	7	11
Nessuna emozione	16	10	6
Disinteresse	10	4	6
Noia	5	4	1
Oppressione	4	2	2
Respingimento	6	4	2

Tabella n. 45. Elaborato riferito all’immagine 2.06. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

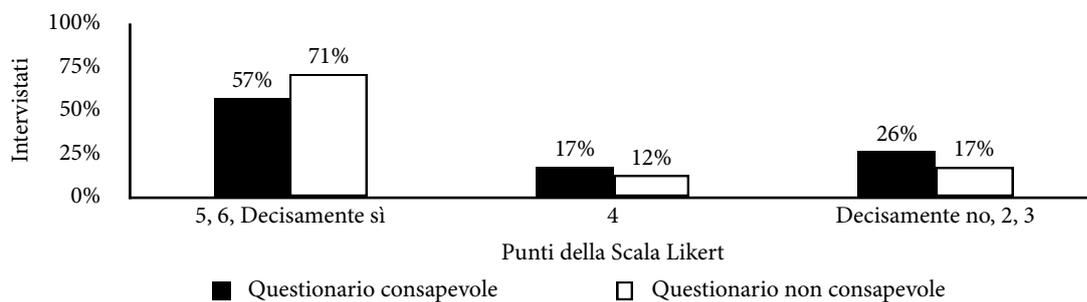


Grafico n. 39. Elaborato riferito all'immagine 2.06. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 44. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

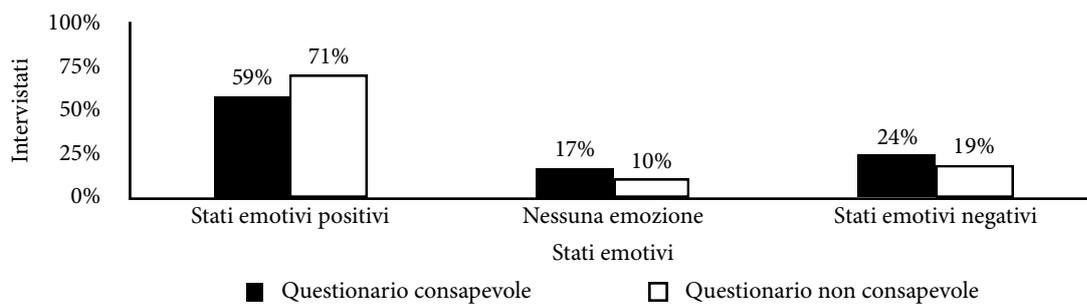


Grafico n. 40. Elaborato riferito all'immagine 2.06. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 45. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Alterazione di luce e trattamento superfici (ID:2.07): risultati sondaggio del primo e del secondo item.

Scala Likert	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Decisamente no	6	3	3
2	13	8	5
3	9	1	8
4	23	11	12
5	20	9	11
6	23	14	9
Decisamente sì	22	12	10

Tabella n. 46. Elaborato riferito all’immagine 2.07. Risposte alla domanda “entreresti nella stanza?” Sulla sinistra scala Likert con punteggio da 1 a 7. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campi dei record (punti scala Likert) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

Stato emotivo	Sondaggio	Sondaggio “consapevole”	Sondaggio “non consapevole”
Coinvolgimento	9	5	4
Sorpresa	4	1	3
Curiosità	50	24	26
Attrazione	20	11	9
Nessuna emozione	11	6	5
Disinteresse	10	5	5
Noia	5	3	2
Oppressione	3	1	2
Respingimento	4	2	2

Tabella n. 47. Elaborato riferito all’immagine 2.07. Risposte alla domanda “quale stato emotivo ti suscita?” Sulla sinistra i nove stati emotivi. I campi mostrano i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole: nei campo dei record (stati emotivi) è indicato il numero di voti per quel dato punteggio (conteggio persone).

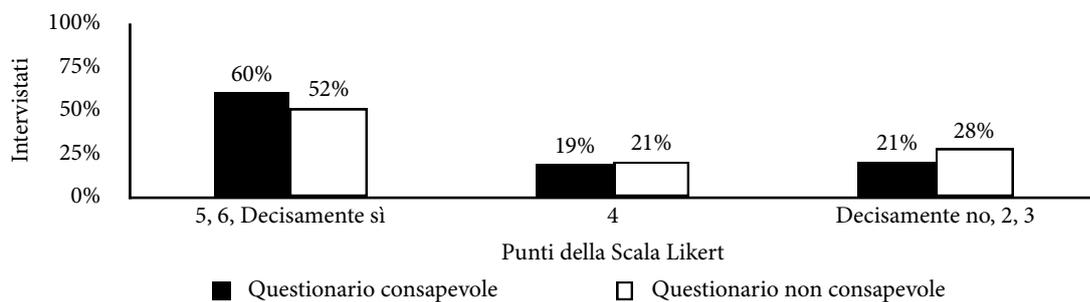


Grafico n. 41. Elaborato riferito all'immagine 2.07. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 44. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse la scala Likert (raggruppamento per valori "sfavorevoli", valore "neutro", e valori "favorevoli").

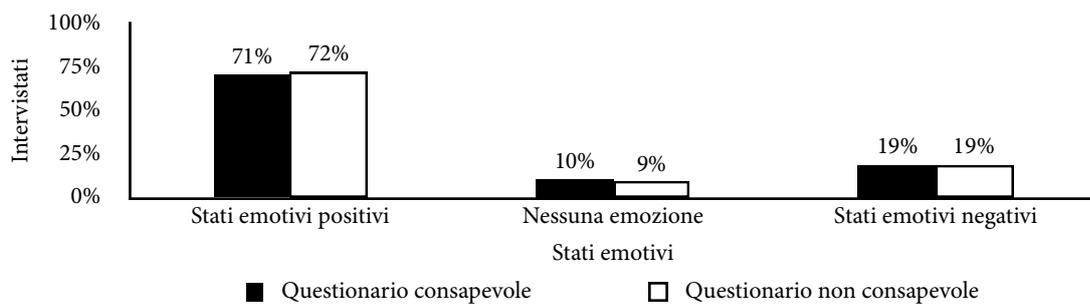


Grafico n. 42. Elaborato riferito all'immagine 2.07. Il grafico trasforma i dati della Tabella n. 45. L'asse delle ordinate presenta la percentuale di persone; l'asse delle ascisse gli stati emotivi. I raggruppamenti sono stati fatti per stati "negativi", stato "neutro" e stati "positivi".

Analisi dei risultati del primo item: “entreresti nella stanza?”

In merito al primo item (“entreresti nella stanza?”), gli indici statistici di posizione e l’indice di variabilità riportati nella tabella qui sotto (Tabella n. 48) riassumono i punteggi assegnati alle ventuno stanze.

Alterazioni	Sondaggio				Sondaggio “consapevole”				Sondaggio “non consapevole”			
	Media	σ	Moda	Mediana	Media	σ	Moda	Mediana	Media	σ	Moda	Mediana
Baseline	3,69	1,67	4,00	4,00	3,90	1,66	5,00	4,00	3,48 *	1,66	3,00	3,00
1.01	3,97	1,70	4,00	4,00	4,10	1,66	4,00	4,00	3,83	1,74	4,00	4,00
1.02	4,48	1,66	5,00	5,00	4,91	1,57	5,00	5,00	4,05	1,65	5,00	4,00
1.03	3,65 *	1,72	3,00	3,00	3,66 *	1,67	3,00	3,50	3,64	1,78	3,00	3,00
1.04	3,87	1,99	4,00	4,00	4,19	2,04	7,00	4,00	3,55	1,91	4,00	4,00
1.05	4,22	1,80	5,00	4,00	4,64	1,71	4,00	5,00	3,81	1,81	3,00	3,50
1.06	5,35 *	1,79	7,00	6,00	5,38 *	1,75	7,00	6,00	5,33 *	1,84	7,00	6,00
1.07	4,34	1,99	7,00	5,00	4,21	1,94	3,00	4,00	4,48	2,05	5,00	5,00
1.08	4,37	1,88	5,00	5,00	4,79	1,95	7,00	5,00	3,95	1,72	5,00	4,00
1.09	3,91	1,69	4,00	4,00	4,10	1,66	4,00	4,00	3,72	1,70	3,00	4,00
1.10	3,70	1,79	4,00	4,00	3,83	1,87	5,00	4,00	3,57	1,72	4,00	4,00
1.11	4,75	1,79	5,00	5,00	5,19	1,57	5,00	5,00	4,31	1,90	3,00	4,00
1.12	4,26	2,00	7,00	4,00	4,14	2,05	7,00	4,00	4,38	1,97	7,00	4,50
Baseline	3,75 *	1,86	4,00	4,00	3,98 *	1,74	3,00	4,00	3,52 *	1,95	2,00	3,00
2.01	4,13	1,75	5,00	4,00	4,09	1,82	4,00	5,00	4,17	1,69	5,00	4,00
2.02	4,83	1,71	5,00	5,00	4,72	1,79	5,00	5,00	4,93	1,63	5,00	5,00
2.03	4,84	1,72	7,00	5,00	5,03	1,73	7,00	5,00	4,66	1,70	4,00	5,00
2.04	5,03 *	1,88	7,00	5,00	5,17	1,86	7,00	6,00	4,88	1,90	7,00	5,00
2.05	4,89	2,08	7,00	5,00	5,21 *	1,95	7,00	6,00	4,57	2,18	7,00	5,00
2.06	4,93	1,71	7,00	5,00	4,78	1,85	7,00	5,00	5,09 *	1,55	5,00	5,00
2.07	4,68	1,80	4,00	5,00	4,81	1,85	6,00	5,00	4,55	1,75	4,00	5,00

Tabella n. 48. Elaborato che riassume i risultati dell’item “entreresti nella stanza?” di tutte le ventuno immagini. I campi mostrano i risultati complessivi del sondaggio e di quello consapevole e non consapevole: i valori di campo dei record mostrano le medie, le deviazioni standard (σ), la moda e la mediana.

* Simbolo che indica il punteggio medio più basso.

* Simbolo che indica il punteggio medio più alto.

Iniziando dai risultati ottenuti per le stanze con i reperti di Claudia Victoria, dai valori riportati in tabella dei punteggi assegnati a ciascuna stanza, risulta che l’immagine che ha ottenuto il punteggio medio più basso (3,65) è la stanza 1.03 —

alterazione trattamento superfici, seguita dalla baseline (3,69). Introducendo la variabile *tipologia di questionario* si nota che: nel caso del sondaggio consapevole, la stanza mediamente meno gradita (3,66) coincide con quella delle risposte complessive (stanza 1.03), ma, nel caso del sondaggio non consapevole, la stanza mediamente meno gradita (3,48) è la baseline.

La stanza che ha ottenuto il punteggio medio più alto in assoluto (5,35) è la 1.06 — *alterazione di luce* (risultato confermato dalla mediana: 6, e dalla moda: 7), seguita dalla 1.11 — *alterazione di luce e trattamento superfici* (media: 4,75). Introducendo la variabile *tipologia di questionario* per il sondaggio consapevole rimane invariato il risultato ottenuto nel grafico delle risposte complessive; varia invece il risultato del sondaggio non consapevole: la stanza con il secondo punteggio medio più alto (4,48) risulta la 1.07 — *alterazione di luce e per inserimento di elementi grafici*. La terza immagine che ha ottenuto il punteggio medio più alto se si analizzano tutte le risposte (4,48) è la stanza 1.02 — *alterazione di luce e articolazione volumetrica*, giudicata favorevolmente soprattutto dal sondaggio consapevole.

Le stanze che hanno ottenuto punteggi marcatamente diversi tra i risultati del sondaggio consapevole e non consapevole, sono la 1.05 — *alterazione trattamento superfici*, e la stanza 1.08 — *alterazione per inserimento di elementi grafici*: per la stanza 1.03 il sondaggio consapevole ha attribuito voti mediamente maggiori (valore medio: 4,64) rispetto al sondaggio non consapevole (valore medio: 3,81); come nel caso della stanza 1.05, il sondaggio consapevole ha attribuito voti mediamente maggiori (valore medio: 4,79) rispetto al sondaggio non consapevole (valore medio: 3,95).

Da una prima analisi dei valori medi delle stanze con il reperto di Lucifer, si nota che alle stanze di Lucifer sono stati assegnati, in media, punteggi più alti rispetto alle stanze contenenti i reperti di Claudia Victoria, e la moda e la mediana confermano i risultati della media. Si nota anche, che sono stati soprattutto gli intervistati al sondaggio consapevole ad assegnare punteggi alti su scala Likert.

La stanza che ha ottenuto il punteggio medio più basso in assoluto (sondaggio complessivo: 3,75; sondaggio consapevole: 3,98; sondaggio non consapevole: 3,52) è la baseline, seguita dalla stanza 2.01 — *alterazione di luce* (sondaggio complessivo: 4,13; sondaggio consapevole: 4,09; sondaggio non consapevole: 4,17). Diversamente, la stanza con il punteggio medio più alto varia: nel sondaggio complessivo, è la stanza 2.04 — *alterazione di luce e per inserimento di elementi grafici* (valore medio: 5,03); nel sondaggio consapevole è la 2.05 — *alterazione di luce e trattamento superfici* (valore medio: 5,21); nel sondaggio non consapevole la stanza 2.06 — *alterazione di luce e articolazione volumetrica* (valore medio: 5,09).

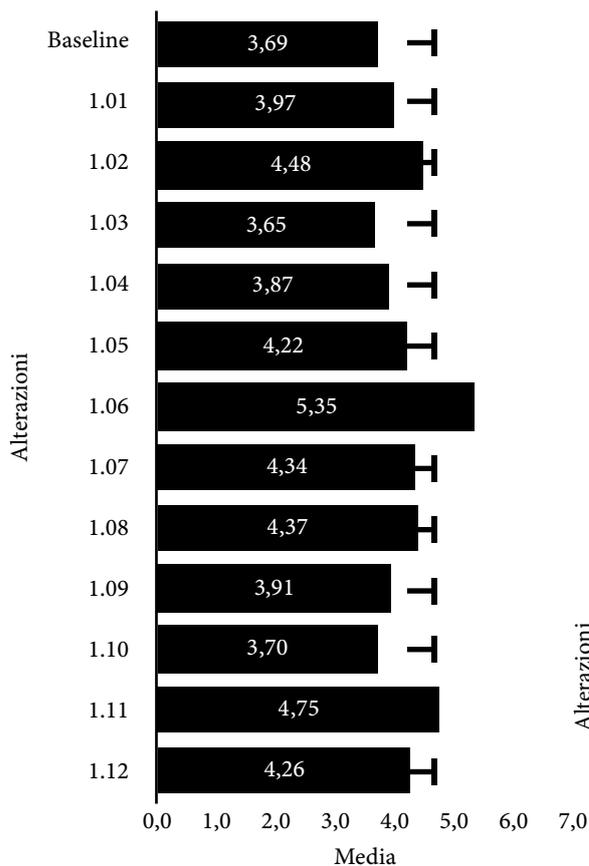


Grafico n. 43. Elaborato riferito alle stanze con i reperti di Claudia Victoria. Il grafico illustra i dati della Tabella n. 48. Confronto medie e deviazione standard delle risposte complessive al primo item.

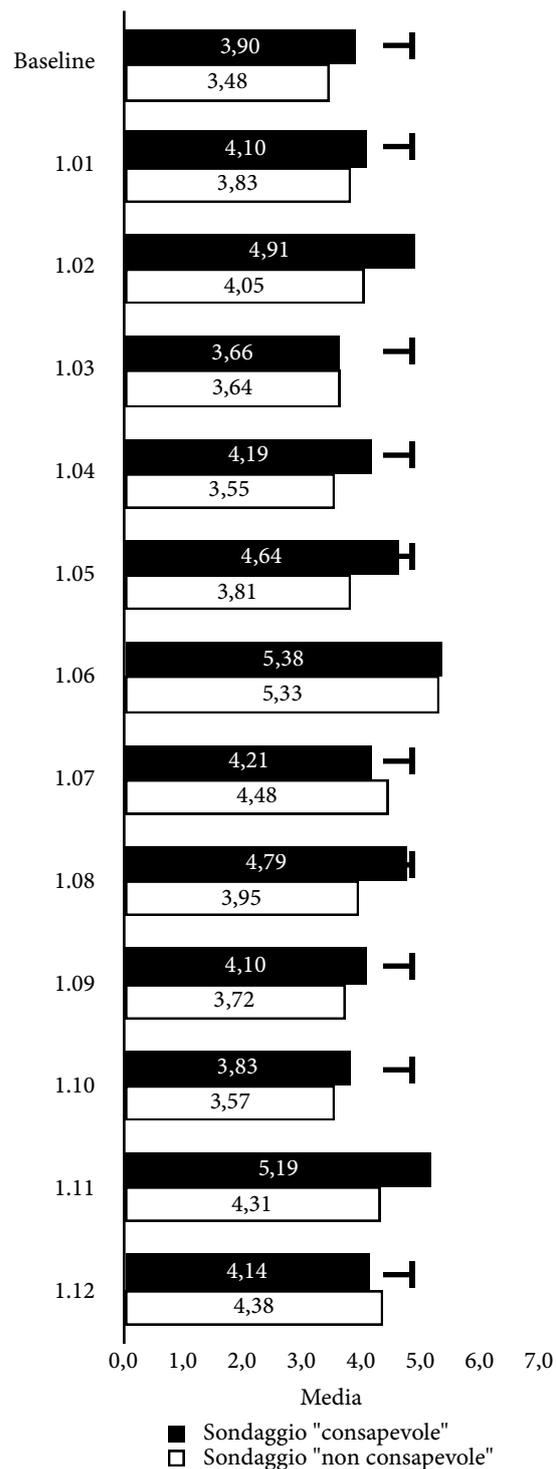


Grafico n. 44. Elaborato riferito alle stanze con i reperti di Claudia Victoria. Il grafico illustra i dati della Tabella n. 48. Confronto medie e deviazione standard delle risposte del sondaggio consapevole e del sondaggio non consapevole al primo item.

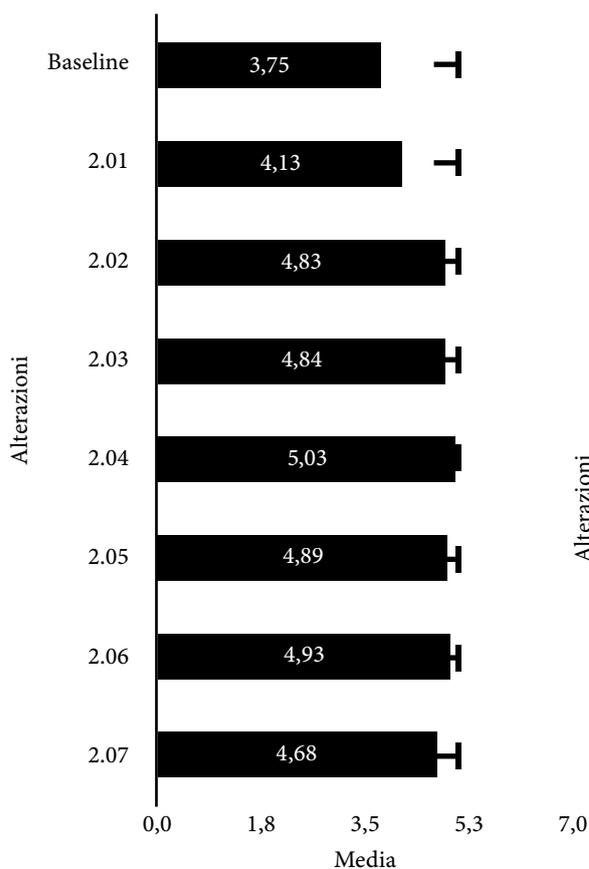


Grafico n. 45. Elaborato riferito alle stanze con il reperto di Lucifer. Il grafico illustra i dati della Tabella n. 48. Confronto medie e deviazione standard delle risposte complessive al primo item.

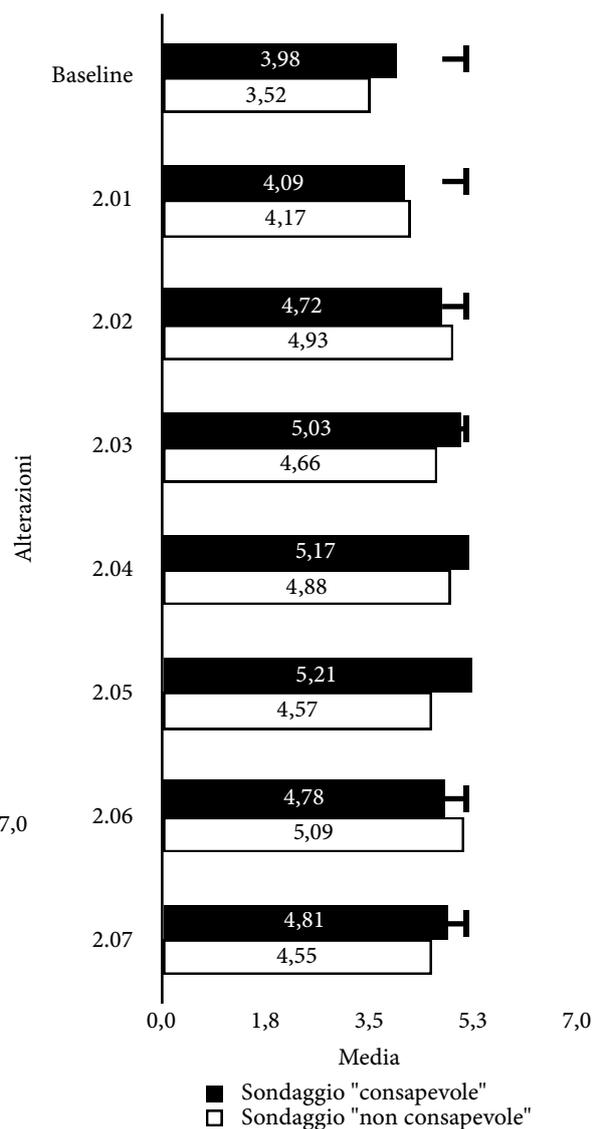


Grafico n. 46. Elaborato riferito alle stanze con il reperto di Lucifer. Il grafico illustra i dati della Tabella n. 48. Confronto medie e deviazione standard delle risposte del sondaggio consapevole e del sondaggio non consapevole al primo item.

Maschi e femmine hanno risposto in modo diverso? Per verificare se esiste una differenza nella tendenza al punteggio tra maschi e femmine è stata calcolata la media e la deviazione standard delle risposte. I dati sono presenti nella seguente tabella:

Alterazioni	Risultati femmine				Risultati maschi			
	Media	σ	Moda	Mediana	Media	σ	Moda	Mediana
Baseline	3,81	1,75	3,00	4,00	3,51	1,53	4,00	4,00
1.01	3,84	1,76	2,00	4,00	4,15	1,60	4,00	4,00
1.02	4,70	1,70	5,00	5,00	4,17	1,56	5,00	5,00
1.03	3,86	1,85	4,00	4,00	3,34 *	1,48	3,00	3,00
1.04	3,84	2,08	7,00	4,00	3,91	1,87	4,00	4,00
1.05	4,14	1,79	3,00	4,00	4,34	1,83	5,00	5,00
1.06	5,58 *	1,78	7,00	6,00	5,02 *	1,76	5,00	5,00
1.07	4,59	2,07	7,00	5,00	3,98	1,84	3,00	4,00
1.08	4,58	1,95	7,00	5,00	4,06	1,75	5,00	4,00
1.09	3,72	1,73	4,00	4,00	4,19	1,60	4,00	4,00
1.10	3,61 *	1,90	4,00	4,00	3,83	1,65	5,00	4,00
1.11	4,77	1,75	5,00	5,00	4,72	1,87	7,00	5,00
1.12	4,30	2,04	7,00	4,00	4,19	1,97	5,00	5,00
Baseline	3,96 *	2,00	4,00	4,00	3,45 *	1,60	3,00	3,00
2.01	4,12	1,91	5,00	4,00	4,15	1,50	4,00	4,00
2.02	4,97	1,77	7,00	5,00	4,62	1,62	5,00	5,00
2.03	4,74	1,76	4,00	5,00	5,00 *	1,66	7,00	5,00
2.04	5,23 *	1,88	7,00	6,00	4,72	1,85	7,00	5,00
2.05	4,96	2,15	7,00	6,00	4,79	2,00	7,00	5,00
2.06	5,13	1,76	7,00	5,00	4,64	1,61	5,00	5,00
2.07	4,77	1,93	7,00	5,00	4,55	1,59	4,00	4,00

Tabella n. 49. Elaborato che riassume i risultati dell'item "entreresti nella stanza?" di tutte le ventuno immagini. Nei valori di campo dei record le medie, le deviazioni standard (σ), la moda e la mediana dopo l'introduzione della variabile «genere sessuale».

* Simbolo che indica il punteggio medio più basso.

* Simbolo che indica il punteggio medio più alto.

Osservando il Grafico a barre (Grafico n. 47) possiamo concludere che i maschi sembrano avere una maggiore tendenza a esprimere giudizi peggiori, mentre le femmine sembrano avere una maggiore tendenza a esprimere giudizi migliori. È interessante notare che, diversamente dai risultati complessivi mostrati nella Tabella n. 48, la stanza contenente il reperto di Lucifer con il punteggio medio più alto per i maschi è la 2.03 — *alterazione di luce e trattamento superfici*.

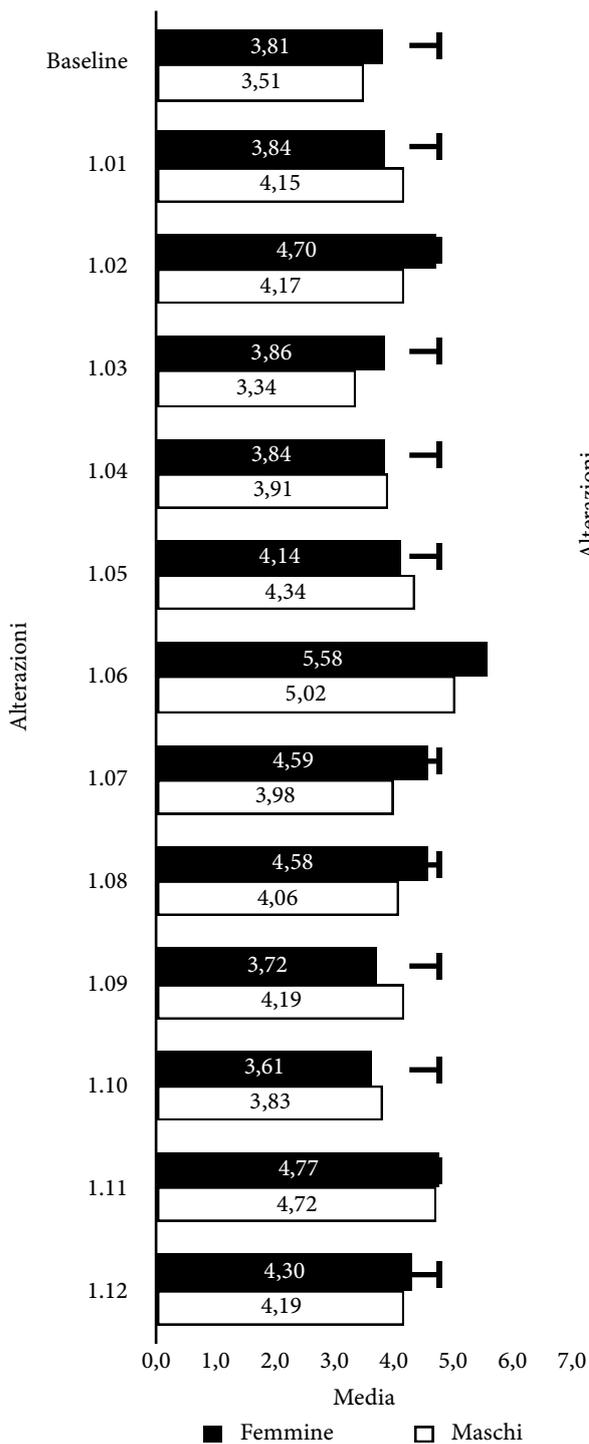


Grafico n. 47. Elaborato riferito alle stanze con i reperti di Claudia Victoria. Il grafico illustra i dati della Tabella n. 49. Confronto medie e deviazione standard delle risposte di Femmine e Maschi.

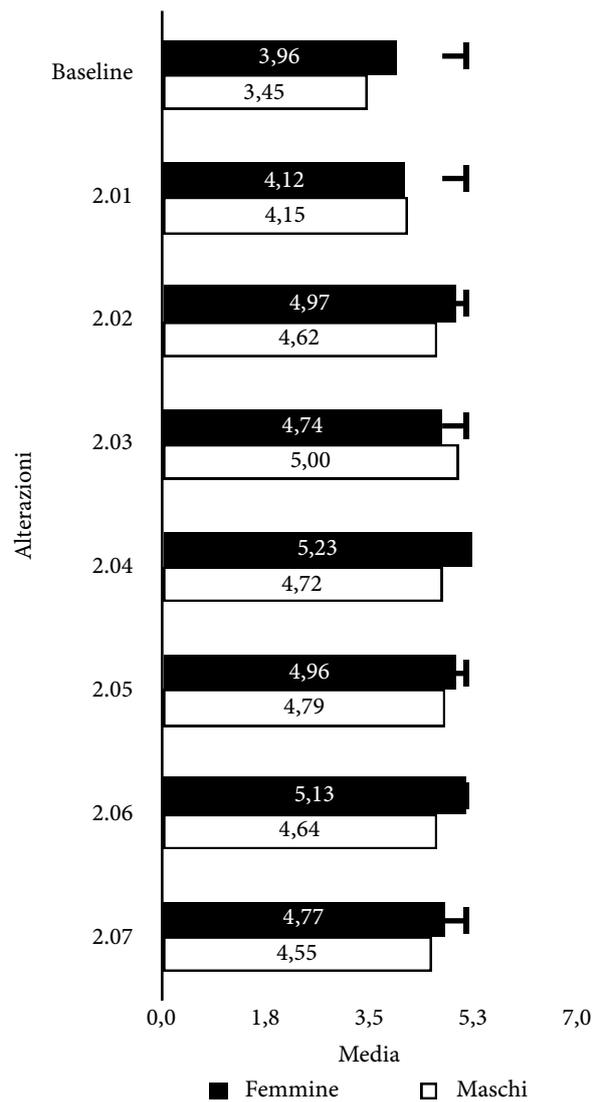


Grafico n. 48. Elaborato riferito alle stanze con il reperto di Lucifer. Il grafico illustra i dati della Tabella n. 49. Confronto medie e deviazione standard delle risposte di Femmine e Maschi.

Persone con età diverse hanno dato giudizi simili? Per verificare se esiste una differenza nella tendenza al punteggio tra persone di età differenti è stata calcolata la media e la deviazione standard delle risposte per ogni fascia di età (“18-26”; “27-39”; “40-60”; “61-75”). I dati sono presentati nella seguente tabella:

Alterazioni	Fascia di età: 18-26		Fascia di età: 27-39		Fascia di età: 40-60		Fascia di età: 61-75	
	Media	σ	Media	σ	Media	σ	Media	σ
Baseline	3,2 *	1,26	3,4	1,43	4,5	1,91	4,4	1,99
1.01	3,4	1,50	3,9	1,48	4,5	1,79	4,5	2,15
1.02	4,6	1,40	4,3	1,69	4,5	1,99	4,9	1,64
1.03	3,6	1,63	3,2 *	1,46	4,4	1,91	4,1	1,98
1.04	4,0	1,97	3,7	1,68	4,5	2,35	3,5	2,27
1.05	4,2	1,80	4,4	1,59	4,1	2,11	3,8	1,95
1.06	4,6	1,80	5,7 *	1,59	5,8 *	1,25	5,5 *	2,39
1.07	4,5	1,82	4,2	1,87	4,1	2,14	4,6	2,04
1.08	3,7	1,61	4,4	1,81	4,9	2,18	4,7	2,11
1.09	3,9	1,59	3,9	1,41	3,5 *	1,83	4,2	2,25
1.10	3,5	1,53	3,8	1,66	4,0	2,22	3,4 *	1,86
1.11	4,8 *	1,40	5,1	1,62	4,6	1,99	3,9	2,20
1.12	3,9	1,73	4,1	2,02	4,6	1,91	4,6	2,27
Baseline	3,28 *	1,46	3,38 *	1,70	4,29 *	2,13	4,73	2,04
2.01	3,31	1,58	4,18	1,64	4,86	1,92	4,50 *	1,64
2.02	4,03	1,61	4,84	1,78	5,36 *	1,39	5,55 *	1,45
2.03	4,28	1,49	5,18	1,64	4,93	1,69	4,68	2,14
2.04	4,79	1,82	5,22	1,73	4,71	2,16	5,00	2,22
2.05	4,41	2,08	5,44 *	1,89	4,43	1,74	4,73	2,41
2.06	5,07 *	1,67	4,82	1,72	4,43	1,95	5,27	1,52
2.07	4,62	1,54	4,68	1,92	4,57	1,83	4,77	2,06

Tabella n. 50. Elaborato che riassume i risultati dell’item “entreresti nella stanza?” di tutte le ventuno immagini. Nei valori di campo dei record le medie, le deviazioni standard (σ), la moda e la mediana dopo l’introduzione della variabile «età».

* Simbolo che indica il punteggio medio più basso.

* Simbolo che indica il punteggio medio più alto.

Introducendo il fattore “fasce d’età” non si notano significative discordanze tra i giudizi espressi per ciascuna delle ventuno stanze. Tuttavia, dalla Tabella n. 50, risulta che le persone appartenenti alla fascia di età 18-26 anni hanno mediamente assegnato punteggi più bassi: la media dei valori medi assegnati alle stanze con i reperti di Claudia Victoria della fascia di età 18-26 è 4,0; la media dei valori medi assegnati alle

stanze con il reperto di Lucifer della fascia di età 18-26 è 4,2. Discorso diverso per i punteggi medi più alti: la media dei valori medi più alta (4,5) delle stanze con i reperti di Claudia Victoria è stata assegnata dalle persone con età compresa tra i 40-60 anni; la media dei valori medi più alta (4,9) delle stanze con il reperto di Lucifer è stata assegnata dalle persone con età compresa tra i 61-75 anni.

Inoltre, osservando la medesima tabella, si nota sia per le stanze con i reperti di Claudia Victoria, sia per le stanze con il reperto di Lucifer, in alcuni casi le stanze che hanno ottenuto il gradimento medio più alto e più basso variano rispetto ai risultati complessivi (vedi Tabella n. 48).

Nel caso delle stanze con i reperti di Claudia Victoria:

- Fascia di età 18-26: la stanza 1.11 ha ottenuto il gradimento medio più alto (dai risultati complessivi risulta la 1.06) e la baseline ha ottenuto il gradimento medio più basso (dai risultati complessivi risulta la 1.03);
- Fascia di età 40-60: la stanza 1.09 ha ottenuto il gradimento medio più basso (dai risultati complessivi risulta la 1.03);
- Fascia di età 61-75: la stanza 1.10 ha ottenuto il gradimento medio più basso (dai risultati complessivi risulta la 1.03);

Nel caso delle stanze con il reperto di Lucifer:

- Fascia di età 18-26: la stanza 2.06 ha ottenuto il gradimento medio più alto (dai risultati complessivi risulta la 2.04);
- Fascia di età 27-39: la stanza 2.05 ha ottenuto il gradimento medio più alto (dai risultati complessivi risulta la 2.04);
- Fascia di età 40-60: la stanza 2.02 ha ottenuto il gradimento medio più alto (dai risultati complessivi risulta la 2.04);
- Fascia di età 61-75: la stanza 2.02 ha ottenuto il gradimento medio più alto (dai risultati complessivi risulta la 2.04) e la 2.01 ha ottenuto il gradimento medio più basso (dai risultati complessivi risulta la baseline);

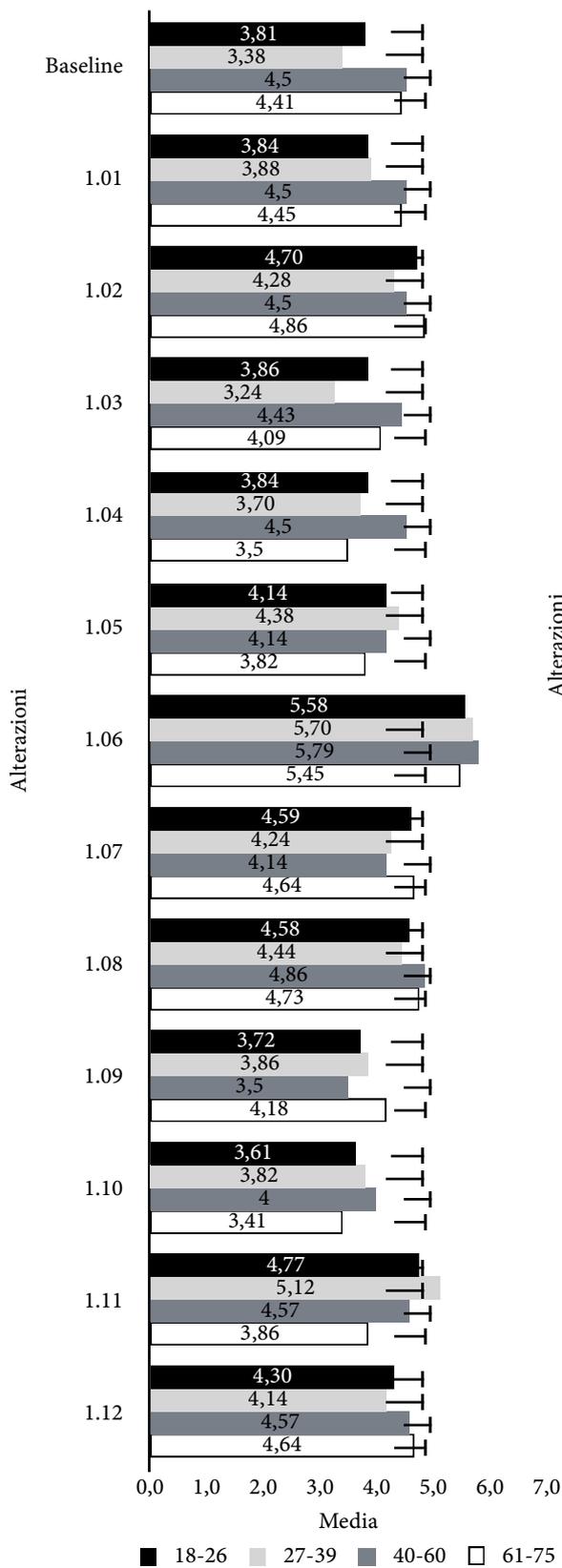


Grafico n. 49. Elaborato riferito alle stanze con i reperti di Claudia Victoria. Il grafico illustra i dati della Tabella n. 50. Confronto medie e deviazione standard per fasce di età.

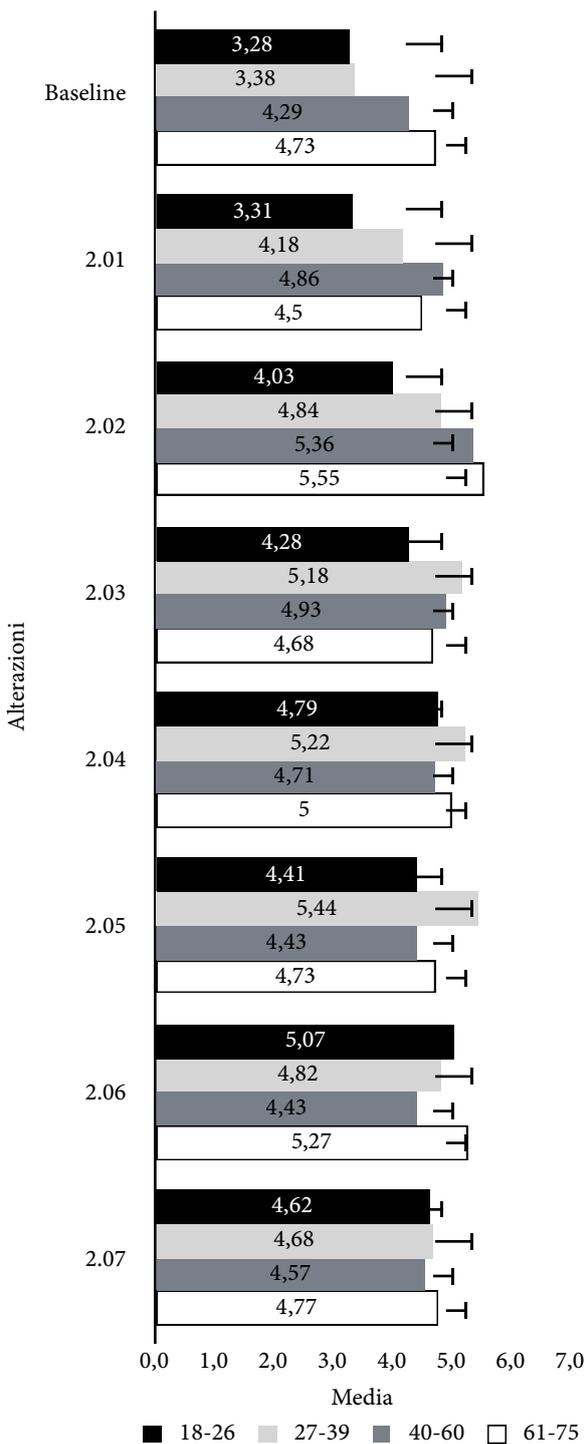


Grafico n. 50. Elaborato riferito alle stanze con il reperto di Lucifer. Il grafico illustra i dati della Tabella n. 50. Confronto medie e deviazione standard per fasce di età.

Analisi dei risultati del secondo item: “quale stato emotivo ti suscita?”

Per analizzare e semplificare i risultati del secondo item (“quale stato emotivo ti suscita?”), gli stati emotivi sono stati raggruppati in tre categorie: stati emotivi negativi (disinteresse, noia, oppressione, respingimento), stato emotivo neutro (nessuna emozione), stati emotivi positivi (coinvolgimento, sorpresa, curiosità, attrazione). Nella seguente tabella sono riassunte le tendenze di tutte le stanze:

Alterazioni	Sondaggio			Sondaggio “consapevole”			Sondaggio “non consapevole”		
	Stati emotivi negativi	Stato emotivo neutro	Stati emotivi positivi	Stati emotivi negativi	Stato emotivo neutro	Stati emotivi positivi	Stati emotivi negativi	Stato emotivo neutro	Stati emotivi positivi
Baseline	29%	38%	33%	29%	31%	40%	29%	45%	26%
1.01	40%	28%	32%	40%	28%	33%	40%	29%	31%
1.02	18%	24%	58%	17%	19%	64%	19%	29%	52%
1.03	41%	34%	26%	48%	26%	26%	33%	41%	26%
1.04	49%	14%	37%	52%	14%	34%	47%	14%	40%
1.05	32%	19%	49%	24%	16%	60%	40%	22%	38%
1.06	13%	3%	84%	19%	2%	79%	7%	5%	88%
1.07	34%	8%	59%	40%	10%	50%	28%	5%	67%
1.08	23%	12%	65%	21%	10%	69%	26%	14%	60%
1.09	35%	28%	37%	38%	29%	33%	33%	26%	41%
1.10	41%	20%	39%	43%	19%	38%	40%	21%	40%
1.11	24%	9%	66%	17%	2%	81%	31%	17%	52%
1.12	34%	10%	56%	34%	12%	53%	33%	9%	59%
Baseline	36%	34%	30%	34%	33%	33%	38%	34%	28%
2.01	30%	13%	57%	38%	12%	50%	22%	14%	64%
2.02	20%	12%	68%	24%	10%	66%	16%	14%	71%
2.03	23%	8%	69%	24%	7%	69%	22%	9%	69%
2.04	20%	5%	75%	17%	5%	78%	22%	5%	72%
2.05	21%	3%	76%	19%	2%	79%	22%	5%	72%
2.06	22%	14%	65%	24%	17%	59%	19%	10%	71%
2.07	19%	9%	72%	19%	10%	71%	19%	9%	72%

Tabella n. 51. Elaborato che riassume i risultati dell’item “quale stato emotivo sceglieresti?” di tutte le ventuno immagini. I campi mostrano i risultati complessivi del sondaggio e di quello consapevole e non consapevole. Gli stati emotivi sono stati raggruppati in stati emotivi negativi, stato emotivo neutro e stati emotivi positivi. Nei valori di campo dei record è indicata la frequenza espressa in percentuale.

Le stanze con i reperti di Claudia Victoria mediamente più gradite nei risultati complessivi del primo item (in ordine decrescente: 1.06, 1.11) coincidono con le stanze che hanno suscitato il maggior numero di stati emotivi positivi nel secondo item. Di seguito figurano (con frequenza maggiore dell'50%): la 1.08, la 1.07, la 1.02 e la 1.12. Scendendo più nel dettaglio, gli stati emotivi positivi più frequentemente scelti per la stanza 1.06, come per la stanza 1.11, sono: *curiosità* e *attrazione*.

La stanza 1.04 è quella per cui sono stati assegnati il maggior numero di stati emotivi negativi (49%) e il 38% degli intervistati ha valutato la baseline con lo stato emotivo neutro (frequenza dello stato emotivo neutro più alta); di seguito alla baseline, compare la 1.03 (34%), 1.09 (28%) e la 1.01 (28%). Gli stati emotivi negativi più frequentemente scelti per la stanza 1.04 sono: *oppressione* e *disinteresse*.

La stanza con il reperto di Lucifer mediamente più gradita nei risultati complessivi al primo item (stanza: 2.04) non ha ottenuto il maggior numero di stati emotivi positivi (frequenza: 75%). La stanza con la frequenza più alta di stati emotivi positivi (76%) risulta la 2.05. Gli stati emotivi positivi maggiormente scelti sia per la stanza 2.05, sia per la 2.04, sono: *curiosità* e *attrazione*.

La baseline emerge come condizione meno emozionante (il 34% degli intervistati ha valutato la baseline con lo stato emotivo *nessuna emozione*). Alla seconda mediamente meno gradita (2.01) nel primo item, il 30% degli intervistati ha attribuito alla stanza stati emotivi negativi, invece, il 13% degli intervistati ha attribuito alla stanza 2.01 lo stato emotivo neutro. Il risultato è coerente con le risposte del primo item, dove le stanze mediamente meno gradite sono, in ordine, la baseline e la 2.01. Gli stati emotivi negativi più frequentemente scelti sia per baseline, sia per la 2.01 sono: *noia* e *disinteresse*.

Dal confronto del Grafico n. 51 (relativo ai reperti di Claudia Victoria) e del Grafico n. 52 (relativo al reperto di Lucifer) si nota che tendenzialmente alla stanza con i reperti di Lucifer sono stati attribuiti più frequentemente stati emotivi positivi.

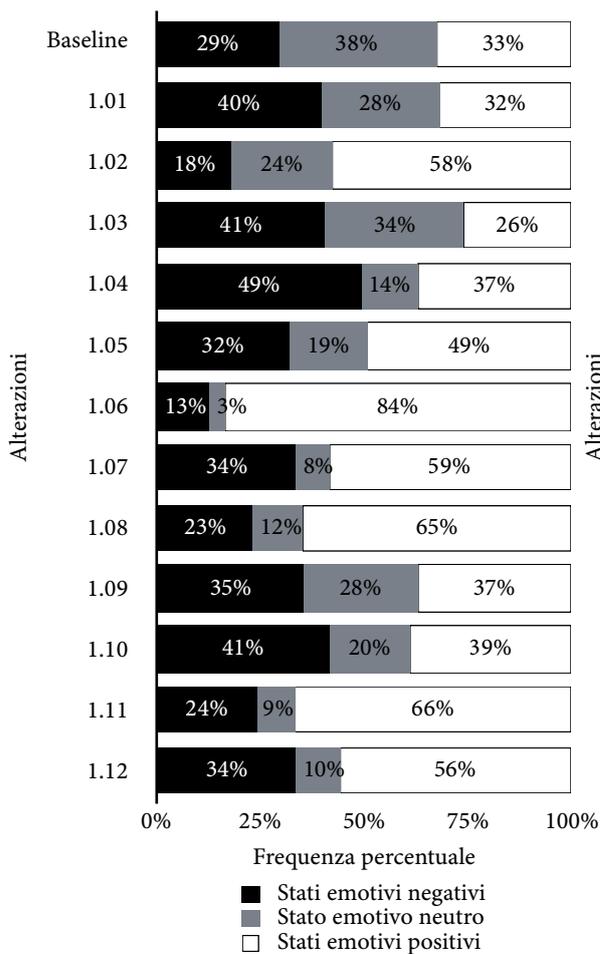


Grafico n. 51. Elaborato riferito alle stanze con i reperti di Claudia Victoria. Il grafico illustra i dati della Tabella n. 50. Percentuali ottenute dai voti assegnati agli stati emotivi (secondo item).

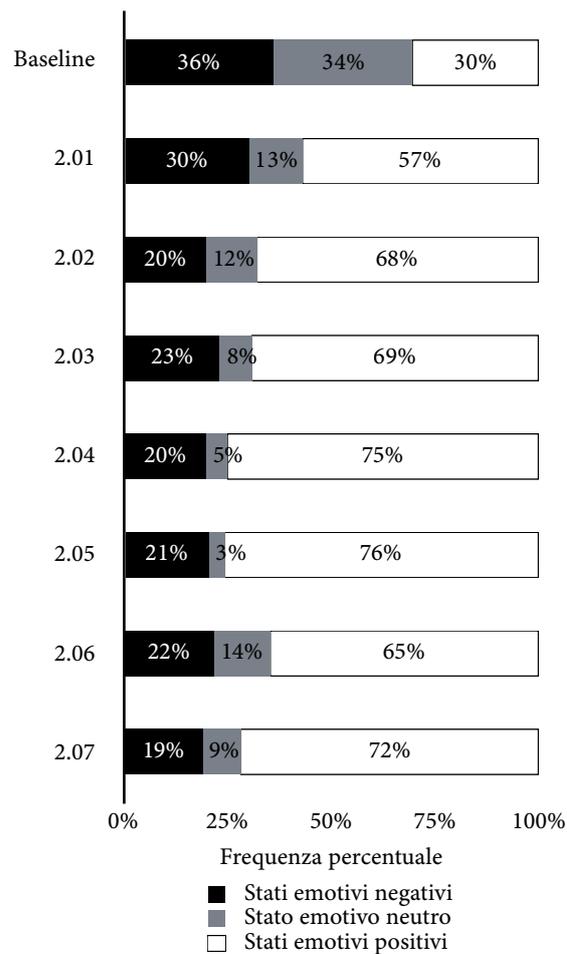


Grafico n. 52. Elaborato riferito alle stanze con il reperto di Lucifer. Il grafico illustra i dati della Tabella n. 50. Percentuali ottenute dai voti assegnati agli stati emotivi (secondo item).

La tabella di seguito (Tabella n. 52), mostra quali sono stati gli stati emotivi modali, quindi, per ogni immagine è indicato quale stato emotivo rappresenta la moda delle risposte (lo stato emotivo con la frequenza più alta). È stato trovato il valore modale delle risposte complessive e il valore modale con l'introduzione della variabile *tipologia di questionario* (consapevole e non consapevole). Nel campo "ipotesi iniziali" sono riportati gli stati emotivi *attesi* — lo stato emotivo che ci aspettavamo di ottenere.

	Ipotesi iniziale	Sondaggio	Sondaggio "consapevole"	Sondaggio "non consapevole"
Alterazioni	Stato emotivo atteso	Stato emotivo atteso	Stato emotivo modale	Stato emotivo modale
Baseline	Nessuna emozione	Nessuna emozione	Nessuna emozione	Nessuna emozione
1.01	Curiosità, Nessuna emozione	Nessuna emozione	Nessuna emozione	Nessuna emozione
1.02	Nessuna emozione	Nessuna emozione	Attrazione	Nessuna emozione
1.03	Curiosità, noia	Nessuna emozione	Nessuna emozione	Nessuna emozione
1.04	Curiosità, oppressione	Oppressione	Oppressione	Curiosità, oppressione
1.05	Attrazione, oppressione	Curiosità	Curiosità	Nessuna emozione
1.06	Attrazione, curiosità	Attrazione	Curiosità	Attrazione
1.07	Curiosità	Curiosità	Curiosità	Curiosità
1.08	Coinvolgimento	Curiosità	Coinvolgimento	Curiosità
1.09	Disinteresse, noia	Nessuna emozione	Nessuna emozione	Curiosità, nessuna emozione
1.10	Disinteresse, oppressione	Curiosità, oppressione	Curiosità, nessuna emozione, oppressione	Curiosità, oppressione
1.11	Coinvolgimento	Curiosità	Curiosità	Curiosità
1.12	Attrazione	Curiosità	Curiosità	Curiosità
Baseline	Nessuna emozione	Nessuna emozione	Nessuna emozione	Nessuna emozione
2.01	Curiosità, Nessuna emozione	Curiosità	Curiosità	Curiosità
2.02	Sorpresa, respingimento	Curiosità	Curiosità	Curiosità
2.03	Attrazione	Curiosità	Attrazione	Curiosità
2.04	Curiosità, coinvolgimento	Curiosità	Curiosità	Curiosità
2.05	Attrazione	Curiosità	Curiosità	Attrazione, curiosità
2.06	Sorpresa	Curiosità	Curiosità	Curiosità

2.07	Attrazione, curiosità	Curiosità	Curiosità	Curiosità
------	-----------------------	-----------	-----------	-----------

Tabella n. 52. Elaborato che riassume i risultati dell'item "quale stato emotivo sceglieresti?" di tutte le ventuno immagini. I campi mostrano gli stati emotivi attesi (ipotesi di progetto) e gli stati emotivi modali risultanti dal sondaggio consapevole e non consapevole.

Analisi dei risultati del terzo item: "quale preferisci?"

Guardando i risultati del terzo item — "quale preferisci?" (vedi Grafico n. 53, 54), ci accorgiamo subito che le preferenze espresse nel primo item per le stanze con i reperti di Claudia Victoria non variano: analogamente ai risultati complessivi, la stanza 1.06 — *alterazione di luce* emerge come condizione maggiormente gradita (il 22% dei soggetti intervistati ha scelto la stanza 1.06 alla domanda "quale preferisci?"). Come si vede dal Grafico n. 54, incidono in questo risultato soprattutto gli intervistati "non consapevoli" (frequenza per la stanza 1.06: 28%). La maggioranza degli intervistati "consapevoli" alla domanda "quale preferisci?", ha scelto la stanza 1.11 — *alterazione di luce e di elemento allestitivo*. Nelle risposte complessive, a pari merito come seconda condizione preferita, figurano la stanza 1.02 — *alterazione di luce* e la stanza 1.11 — *alterazione di luce e di elemento allestitivo*. Come condizione meno votata emerge la baseline e la stanza 1.03 — *alterazione trattamento superfici*.

È interessante notare che gli intervistati "consapevoli" hanno espresso giudizi molto meno netti rispetto agli intervistati "non consapevoli".

Osservano i grafici relativi alle stanze con il reperto di Lucifer (Grafico n. 55 e 56) si nota subito una maggiore omogeneità tra le frequenze: mentre per le stanze di Claudia Victoria ci sono considerevoli differenze di voto tra una stanza e l'altra, nel caso di Lucifer, non emerge una condizione evidentemente più piaciuta, le frequenze delle varie stanze sono relativamente vicine.

Se introduciamo la variabile *tipologia di questionario*, la stanza con i manufatti di Lucifer che ha ottenuto la maggioranza dei voti dagli intervistati "non consapevoli" è la 2.06 — *alterazione di luce e articolazione planimetrica*. Gli intervistati "consapevoli" alla domanda del terzo item hanno scelto la stanza 2.04 — *alterazione di luce e per inserimento di elementi grafici* e la 2.05 — *alterazione di luce e trattamento superfici*.

La baseline e la stanza 2.01 — *alterazione di luce* risultano le meno selezionate (coerentemente con il primo e il secondo item).

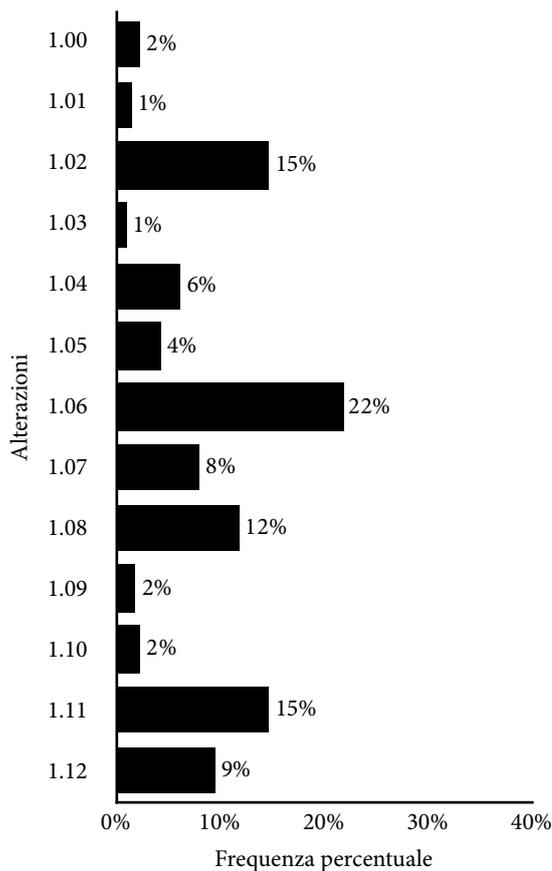


Grafico n. 53. Elaborato riferito alle stanze con i reperti di Claudia Victoria. Risposte alla domanda “quale preferisci?” Sull’asse delle ordinate la percentuale di persone; sull’asse delle ascisse le Alterazioni.

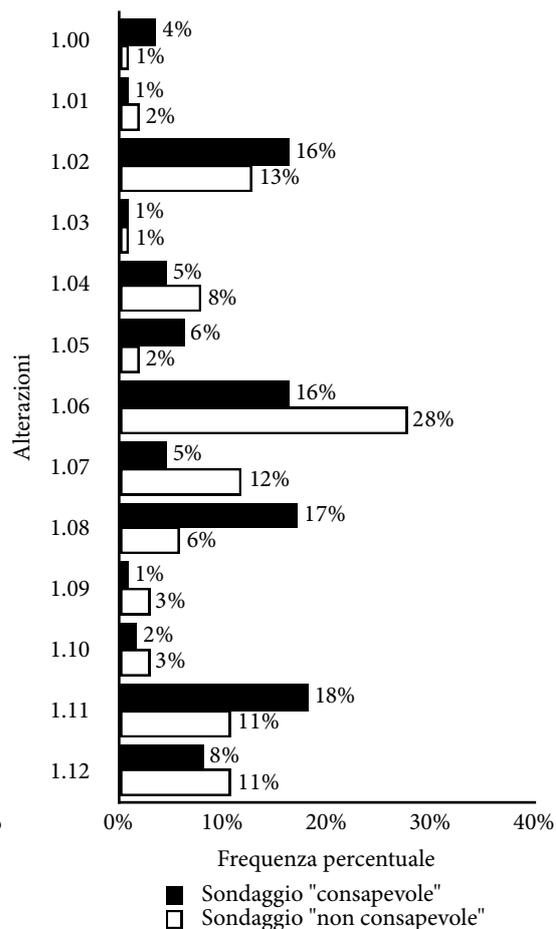


Grafico n. 54. Elaborato riferito alle stanze con i reperti di Claudia Victoria. Risposte alla domanda “quale preferisci?” Sull’asse delle ordinate la percentuale di persone; sull’asse delle ascisse le Alterazioni. Il grafico mostra i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole.

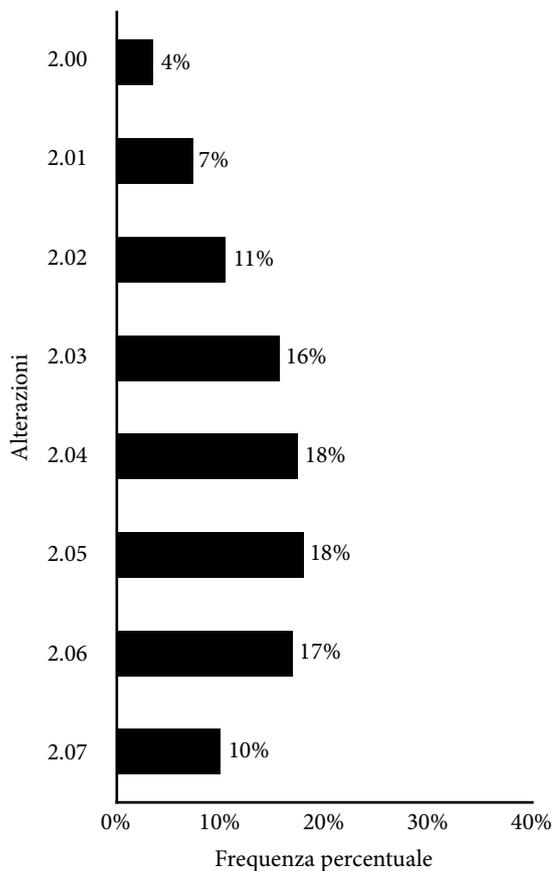


Grafico n. 55. Elaborato riferito alle stanze con il reperto di Lucifer. Il grafico illustra i dati della Tabella n. 48. Risposte alla domanda “quale preferisci?” Sull’asse delle ordinate la percentuale di persone; sull’asse delle ascisse le Alterazioni.

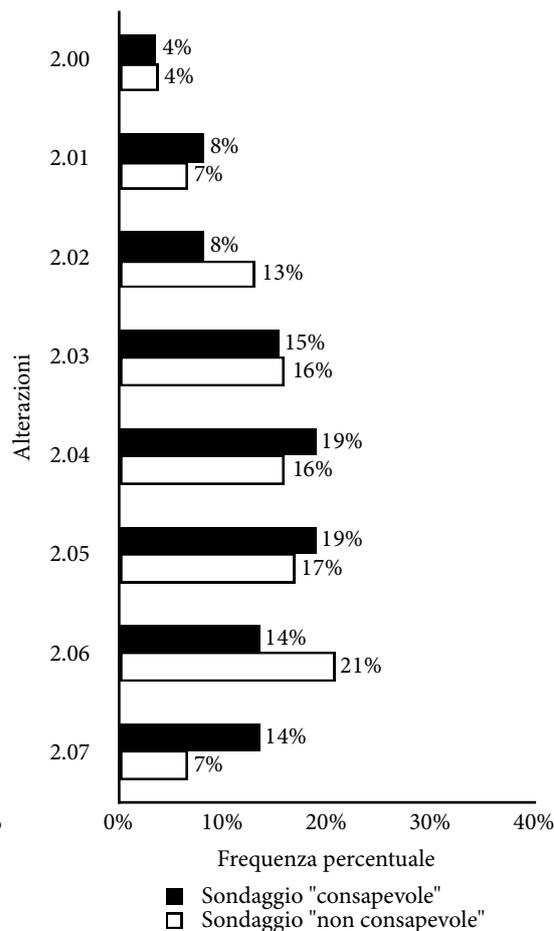


Grafico n. 56. Elaborato riferito alle stanze con il reperto di Lucifer. Il grafico illustra i dati della Tabella n. 48. Risposte alla domanda “quale preferisci?” Sull’asse delle ordinate la percentuale di persone; sull’asse delle ascisse le Alterazioni. Il grafico mostra i risultati ricavati del sondaggio consapevole e non consapevole.

Conclusioni analisi dei risultati

Confrontando le risposte del primo item (“entreresti nella stanza?”) con le risposte del secondo item (“quale stato emotivo ti suscita?”) si riscontra che, tendenzialmente, gli intervistati che al primo item si sono espressi favorevolmente (scelta di punteggi 5, 6, 7 della scala Likert), al secondo item hanno scelto stati emotivi positivi; gli intervistati che al primo item si sono espressi sfavorevolmente (scelta di punteggi 1, 2, 3 della scala Likert), al secondo item hanno scelto stati emotivi negativi o nessuna emozione.

Non si notano significative differenze tra le risposte al questionario consapevole e le risposte al questionario non consapevole.

Se si confrontano le risposte relative alle stanze con i reperti di Claudia Victoria e le risposte alle stanze con il reperto di Lucifer, a quest’ultime sono stati attribuiti voti mediamente maggiori al primo item e sono stati attribuiti alle stanze soprattutto stati emotivi positivi.

Di seguito è stata fatta un’analisi dei risultati ottenuti da un punto di vista più ampio: le cinque categorie (alterazione di luce, alterazione trattamento superficiale, alterazione per inserimento di elementi grafici, alterazione di elemento allestitivo e alterazione dell’articolazione planimetrica) sono state confrontate con la baseline, allo scopo di capire se alcune alterazioni emergono come più gradite rispetto ad altre. Per quanto concerne il primo item, le medie dei punteggi conferiti alle ventuno stanze, raggruppati nelle cinque categorie, sono esposte nella seguente tabella:

Baseline	Alterazione di luce	Alterazione trattamento superfici	Alterazione per inserimento di elementi grafici	Alterazione articolazione planimetrica	Alterazione di elemento allestitivo
3,72	4,50	4,21	4,69	4,93	4,75

Tutte le categorie si discostano significativamente dalla baseline. Dai risultati delle medie emerge come categoria con la media più alta in assoluto *alterazione articolazione planimetrica*, seguita, in ordine decrescente, dalla categoria: *alterazione di elemento allestitivo*, *alterazione per inserimento di elementi grafici*, *alterazione di luce* e infine dalla *alterazione trattamento superfici*.

I risultati del primo item sono stati confrontati anche sulla base della luce utilizzata nelle ventuno stanze; le immagini sono state schematizzate in quattro categorie: luce per vedere, luce per guardare, luce da guardare e luce naturale. Le medie dei punteggi conferiti alle ventuno stanze, raggruppati nelle quattro categorie, sono esposte nella seguente tabella:

Baseline	Luce per vedere	Luce per guardare	Luce da guardare	Luce naturale
3,72	4,04	4,38	4,86	4,58

Se ci atteniamo a questa analisi, la categoria luce da guardare è quella che ha ottenuto il gradimento medio più alto. Segue la luce naturale, la luce per guardare, la luce per vedere. La baseline figura come categoria mediamente meno piaciuta.

Appendici — articoli

The Space Around Us

Giacomo Rizzolatti, Luciano Fadiga, Leonardo Fogassi, Vittorio Gallese, *The Space Around Us*, in “Science”, Vol.277, 11/07/1997, pp. 190-191.

Space, although unitary when examined introspectively, is not represented in the brain as a single multipurpose map. On the contrary, in the brain there are numerous spatial maps. Of these, many are located in cortical areas that participate in the control of movement, such as eye movements, head movements, arm movements, and so on.

The map located in the ventral premotor cortex (area F4) is paradigmatic among the spatial maps related to skeletal movements. In this area, most neurons discharge in association with movements of the head or the arm. Furthermore, a large proportion of them are bimodal, responding both to visual three-dimensional stimuli and to tactile stimuli, mostly applied to the face or arm. A surprising property of F4 neurons is that their visual receptive fields (RFs) are circumscribed to the space around the tactile RFs, as if the cutaneous space extended into the visual space adjacent to it (peripersonal space). Another surprising property is that visual RFs of F4 neurons remain anchored to the body regardless of the position of the eyes and of the body parts on which the tactile RF is located.

Until recently it appeared that moving stimuli were required to trigger F4 visual responses. But now Graziano, Hu, and Gross report on page 239 of this issue that many F4 neurons fire tonically at the presentation of stationary three-dimensional objects within monkey peripersonal space. The most intriguing finding, however, of this very interesting report is that some of these tonically discharging neurons continue to fire when, unknown to the monkey, the stimulus previously presented has been withdrawn, and the monkey “believes” that it is still near its body. Space representation in the premotor cortex can be generated, therefore, not only as a consequence of an external stimulation but also internally on the basis of previous experiences.

What is the nature of this representation? There are two main possibilities. The first is that the premotor neurons code space visually; that is, given a reference point (for example, the body parts on which the visual receptive field is anchored), the neurons signal the location of objects by using a Cartesian or some other geometrical coordinate system (visual space). The alternative possibility is that the discharge of neurons reflects a potential action, a motor schema, directed toward a particular spatial location (motor space). The presentation of a visual stimulus or the memory of its location, as in the new study, would evoke automatically one of these schemata, which, regardless of whether it is executed, maps the stimulus position in motor terms.

Arguments in favor of a strictly “visual” hypothesis are the tight temporal link between stimulus presentation and the onset of neuron discharge, the response constancy, and the presence of what appears to be a visual receptive field. On the other hand, F4 is a premotor area directly connected to the primary motor cortex. It sends projections to the spinal cord, and its intracortical microstimulation evokes body part movements. These elements appear to favor the notion that F4 contains a store of motor schemata for

bringing the head or the arm toward specific spatial locations. Although an answer to the “visual” versus “motor” representation issue cannot be given at present, it seems to us most likely that the neurons are coding a motor scheme.

Why? First, a Euclidean space, as assumed by the visual hypothesis, excludes time. Each set of neurons, when activated, specifies the object location in space regardless of stimulation temporal dimension. The prediction is, therefore, that the spatial map as expressed by receptive field organization is basically static. In contrast, in the case of motor space, because time is inherent to movement, the spatial map may have dynamic properties and may vary according to the change in time of the object's spatial location. Fogassi *et al.* provide evidence that this is the case: The receptive field extension of F4 neurons increases in depth when the speed of an approaching stimulus increases.

Second, in the ventral premotor cortex there is another functional area (area F5) related to object-to-hand movements transformation rather than to space-to-head or arm movements transformation. Experiments in which object shape (visual hypothesis) and object graspability (motor hypothesis) were compared showed that the responses evoked by object presentation better correlated with the way in which objects had to be grasped rather than with object pictorial aspects. Therefore, objects appear to be described in F5 more in motor than in visual terms. Admitting that the basic transformation process is analogous in the various ventral premotor cortex sectors, the fact that in F5 objects are coded in motor terms suggests a similar motor interpretation for space coding in F4.

Finally, the motor interpretation offers a better or at least a more economical explanation for the location of spatial receptive fields around the body. If the visual interpretation were correct, one would have to postulate an ad hoc, complex visual mechanism able to eliminate visual information coming from points outside the peripersonal space. In contrast, the three-dimensional properties of premotor receptive fields are easily accommodated by a motor interpretation. According to this view, movements progressively carve out a working space from undifferentiated visual information. The anatomical basis underlying this process may be represented by the fronto-parietal connections. These connections would constrain motorically the visual parietal neurons, through a visuomotor coupling between visual stimuli and movements directed toward them. The functional properties of bimodal parietal neurons of areas VIP and PF, both strictly linked to F4, are consistent with this interpretation. The movement-based space (which may be subserved also by other fronto-parietal circuits) becomes then our experiential peripersonal visual space.

The data reviewed above and the hypotheses we discuss are at odds with the traditional view of cognitive sciences that percepts are built from elementary sensory information via a series of progressively more and more complex representations. In contrast, they stress the importance of motor areas and motor-to-sensory pathways for the construction of object and space perception, and the artificiality of constructing a rigid wall between sensory and motor representation. It is interesting to note the closeness of this view, emerging from single-neuron recordings, and the philosophical stance of phenomenological philosophers on space perception. Space is “not a sort of ether in which all things float.... The points in space mark, in our vicinity, the varying range of our aims and our gestures” (Merleau-Ponty)³⁷⁷.

³⁷⁷ Giacomo Rizzolatti, Luciano Fadiga, Leonardo Fogassi, Vittorio Gallese, *The Space Around Us*, in “Science”, Vol.277, 11/07/1997, pp. 190-191.

Embodied simulation: From neurons to phenomenal experience

Vittorio Gallese, *Embodied simulation: From neurons to phenomenal experience*, in “Phenomenology and the Cognitive Sciences”, Vol.4, 2005, pp. 23-48.

Abstract — The same neural structures involved in the unconscious modeling of our acting body in space also contribute to our awareness of the lived body and of the objects that the world contains. Neuroscientific research also shows that there are neural mechanisms mediating between the multi-level personal experience we entertain of our lived body, and the implicit certainties we simultaneously hold about others. Such personal and body-related experiential knowledge enables us to understand the actions performed by others, and to directly decode the emotions and sensations they experience. A common functional mechanism is at the basis of both body awareness and basic forms of social understanding: embodied simulation. It will be shown that the present proposal is consistent with some of the perspectives offered by phenomenology.

Introduction — How does our brain model our acting body? And how does it model the acting body of other individuals? What is the relevance of these bodily models/ representations for our capacity to phenomenally experience our own acting body and the acting body of others? In the present article I will try to address these issues, by referring to empirical neuroscientific research carried out both on monkeys and humans. This will come in two parts: In the first part I will illustrate a parieto-premotor cortical circuit providing not only the neural correlate for the unconscious mapping of our acting body in space but also for its conscious awareness. In the second part I will show that other neural circuits, responsible for guiding our actions in the world and mapping the emotions and sensations we experience, are also used to interpret and directly understand the meaning of the actions performed by others and of the emotions and sensations they experience. I will show throughout the paper that many of the neuroscientific results here reviewed and the theoretical considerations they promote are consistent with some of the perspectives offered by phenomenology. I will conclude by proposing that a common functional mechanism is at the basis of both body awareness and basic forms of social understanding: embodied simulation.

Awareness of body and space — When I stretch my arm to reach for a cup of coffee placed on the desk, my hand, regardless of its starting position, reaches for and grasps the cup without any conscious effort. In order to correctly transport my hand to the desired location, my motor system needs to know where my hand was located before movement onset. Due to proprioception, this capacity does not require visual information about where my hand actually is. However, if my somatosensory system is not working properly, as in the case of deafferented patients, the only solution available to my brain is to visually monitor where my hand is and where it is supposed to go. According to the seminal distinction introduced by Head and Holmes (1911–1912), what peripherally deafferented patients suffer is a disturbance of their “body schema.” The body-schema, according to this definition, is therefore an *unconscious* body map, which enables us to program and monitor the execution of actions with the different body parts.

In sharp contrast with the body-schema, stands the notion of a “body image,” introduced by Schilder (1935) as a *conscious perception* of our own body. The dichotomy between the unconscious and the conscious dimensions provides the coordinates still in use in the current literature to characterize how the brain maps our body. This dichotomy, however, seems to presuppose a clear-cut division of labor between neural systems operating below

and above the level of consciousness. As it will become clearer in the course of this paper, this distinction might turn out to be over simplistic.

The neuroscientific evidence accumulated during the last two decades has deeply changed our views about sensory-motor integration and its role in cognition. It has been shown that cortical premotor areas are endowed with sensory properties. They contain neurons that respond to visual, somatosensory, and auditory stimuli. Posterior parietal areas, traditionally considered to process and associate purely sensory information, indeed turned out to also play a major role in motor control. The premotor and parietal areas, rather than having separate and independent functions, are neurally integrated not only to control action, but also to serve the function of building an integrated representation of (a) actions together with (b) objects acted on and (c) locations toward which actions are directed. In particular, these multi-modal functions have been described within three parallel parietal-premotor cortical networks: F5ab-AIP, F4-VIP, and F5c-PF-PFG (see Gallese and Lakoff 2005). I will confine myself here to a brief characterization of the F4-VIP network.

The cortical circuit formed by area F4, which occupies the posterior sector of the ventral premotor cortex of the macaque monkey, and area VIP, which occupies the fundus of the intraparietal sulcus, is involved in the organization of head and arm actions in space. Single neuron studies showed that in area VIP there are two main classes of neurons responding to sensory stimuli: purely visual neurons and bimodal, visual and tactile neurons. Bimodal VIP neurons respond independently to both visual and tactile stimuli. Tactile receptive fields are located predominantly on the face. Tactile and visual receptive fields are usually in “register,” that is, the visual receptive field encompasses a three-dimensional spatial region (peripersonal space) around the tactile receptive field. Some bimodal neurons are activated preferentially or even exclusively when 3D objects are moved towards or away from the tactile receptive field. About thirty percent of VIP neurons code space in reference to the monkey’s body. There are also neurons that have hybrid receptive fields. These receptive fields change position when the eyes move along a certain axis, but remain fixed when the eyes move along another axis (Duhamel et al. 1997).

Consistent with the single neuron data, are the results of lesion studies. Selective electrolytic lesion of area VIP in monkeys determines mild but consistent contralesional neglect for peripersonal space. No changes were observed in ocular saccades, pursuit and optokinetic nystagmus. Tactile stimuli applied to the contralesional side of the face also failed to elicit orienting responses. (Duhamel, personal communication).

Single neurons studies showed that most F4 neurons discharge in association with monkey’s active movements (Gentilucci et al. 1988). The movements more represented are head and arm movements, such as head turns and reaching. Most F4 neurons respond to sensory stimuli. As neurons in VIP, F4 sensory-driven neurons can be subdivided into two classes: unimodal, purely sensory neurons, and bimodal, somatosensory and visual neurons (Gentilucci et al. 1988; Fogassi et al. 1992, 1996). Tactile receptive fields, typically large, are located on the face, chest, arm and hand. Visual receptive fields are also large. They are located in register with the tactile ones, and similarly to VIP, confined to the peripersonal space (Gentilucci et al. 1983, 1988; Fogassi et al. 1992, 1996; Graziano et al. 1994). Recently, trimodal neurons responding also to auditory stimuli were described in F4 (Graziano et al. 1998).

Studies of the visual properties of F4 neurons showed that in most F4 neurons the receptive fields do not change position with respect to the observer’s body when the eyes

move (Gentilucci et al. 1983; Fogassi et al. 1992, 1996; Graziano et al. 1994). This indicates that the visual responses of F4 do not signal positions on the retina, but positions in space relative to the observer. Interestingly, the spatial coordinates of the visual receptive fields are anchored to different body parts, and not to a single reference point, as suggested on the basis of psychological experiments by some motor theorists. Visual receptive fields located around a certain body part (e.g., arm) move when that body part is moved (Graziano et al. 1997). Allocentric coding was also tested and contrasted with egocentric coding: in all tested neurons the receptive field organization was found to be coded in egocentric coordinates (Fogassi et al. 1996 a,b).

Empirical evidence in favor of the simulation-based motor nature of peripersonal space derives from the properties of F4 neurons. In principle there are two main possibilities on what these neurons code. The first is that they code space “visually”. If this is so, given a reference point the neurons should signal the location of objects by using a Cartesian or some other geometrical system. The alternative possibility is that the discharge of neurons reflects a potential, simulated motor action directed towards a particular spatial location. This simulated potential action would create a motor space. When a visual stimulus is presented, it evokes directly the simulation of the congruent motor schema which, regardless of whether the action is executed or not, maps the stimulus position in motor terms.

Arguments in favor of the visual hypothesis are the tight temporal link between stimulus presentation and the onset of neural discharge, the response constancy, and the presence of what appears to be a visual receptive field. If, however, there is a strict association between motor actions and stimuli that elicit them, it is not surprising that stimulus presentation determines the effects just described. More direct evidence in favor of a motor space came from the study of properties of F4 neurons in response to moving stimuli. According to the visual hypothesis, each set of neurons, when activated should specify the object location in space, regardless of the stimulation’s temporal dimension. A locus 15 cm from the tactile origin of the visual receptive field should remain 15 cm from it regardless of how the object reaches this position. The spatial map, as expressed by receptive field organization, should be basically static. In contrast, in the case of motor space, because time is inherent to movement, the spatial map may have dynamic properties and may vary according to the change in time of the object’s spatial location. The experiments of Fogassi et al. (1996) showed that this is indeed the case. The visual receptive field extension of F4 neurons increases in depth when the speed of an approaching stimulus increases.

The notion that spatial awareness is linked to movement has a long history. Particularly interesting is the attempt of Von Helmholtz (1896) to substitute the Kantian notion that space is an “a priori” with the notion that this “a priori” is generated by exploration behavior. Indeed, as it has been argued elsewhere (see Rizzolatti et al. 1997), a strong support to the notion that spatial awareness derives from motor activity is the demonstration of the existence of peri-personal space. From a purely sensory point of view, there is no principled reason that eyes with normal refraction should select light stimuli coming exclusively from a space sector located around the body of the perceiver. Light stimuli arriving from far or from near should be equally effective. However, if we consider that peripersonal stimuli occupy the space where the targets of the actions performed by hands and mouth are mostly located, it becomes clear why space is mapped in motor terms.

It is interesting to note the closeness of the view emerging from single- neuron recordings, and the philosophical perspective offered by phenomenological philosophers on space perception (see Zahavi 2002). As Merleau- Ponty (1962, p. 243) wrote, space is “. . . not a sort of ether in which all things float.... The points in space mark, in our vicinity, the varying range of our aims and our gestures.” Furthermore, It is interesting to note that Husserl wrote that every thing we see, we simultaneously also see it as a tactile object, as something which is directly related to the alive body, but not by virtue of its visibility (Husserl 1989). The “tactile lived body,” in particular, provides the constitutive foundation of our cognitive and epistemic self-referentiality. The perspectival spatial location of our body provides the essential foundation to our determination of reality. The body entertains a dual reality of spatial externality and internal subjectivity (Husserl 1925, p. 197). But in contrast to what Husserl considered the physiological definition of the body, as a material object, contemporary neurophysiological research suggests that the sensorymotor system is also responsible for the phenomenal awareness of its relations with the world.

Why is action important in spatial awareness? Because what integrates multiple sensory modalities within the F4-VIP neural circuit is action simulation. Vision, sound and action are parts of an integrated system; the sight of an object at a given location, or the sound it produces, automatically triggers a “plan” for a specific action directed toward that location. What is a “plan” to act? It is a simulated potential action.

The characterization so far provided of this cortical network would seem at first sight to be fully consistent with a particular aspect of the body-schema, that is, the control of body actions within peripersonal space. If, however, we consider the results of lesion of this network, a different picture emerges. Unilateral lesion of the ventral premotor cortex of the monkey, including area F4, produces two series of deficits: motor deficits and perceptual deficits (Rizzolatti et al. 1983; see also Rizzolatti, Berti and Gallese 2001). Motor deficits consist in a reluctance to use the contralesional arm, spontaneously or in response to tactile and visual stimuli, and in a failure to grasp with the mouth food presented contralateral to the side of the lesion. Perceptual deficits concern neglect of the contralesional peripersonal space, and of the personal (tactile) space. A piece of food moved in the contralesional space around the monkey’s mouth does not elicit any behavioral reaction. Similarly, when the monkey is fixating a central stimulus, the introduction of food contralateral to the lesion is ignored. In contrast, stimuli presented outside the animal’s reach (far space) are immediately detected.

Neglect in humans occurs after lesion of the IPL and, less frequently, following damage of the frontal lobe, and in particular following lesions of area 6, 8, and 45 (see Bisiach and Vallar 2000). The most severe neglect in humans occurs after lesion of the right IPL. In the full-fledged unilateral neglect, patients may show a more or less complete deviation of the head and eyes towards the ipsilesional side. Routine neurological examination shows that patients with unilateral neglect typically fail to respond to visual stimuli presented in the contralesional half field and to tactile stimuli delivered to the contralesional limbs. As in monkeys, also in humans neglect may selectively affect the extrapersonal and the peripersonal space. In humans, this dissociation was first described by Halligan and Marshall (1991). They examined a patient with severe neglect using a line bisection task. In this task the subject is usually required to mark the midpoint of a series of lines scattered all over a sheet of paper. The task was executed in the near space and in the space beyond hand reaching distance using a laser pen that the patient held in his right hand. The results showed that when the line was bisected in the near space the midpoint mark was displaced to the right, as typically occurs in neglect patients. However, the

neglect dramatically improved or even disappeared when the testing was carried out in the far space. A similar dissociation was reported by Berti and Frassinetti (2000). Other authors described the opposite dissociation: severe deficits in tasks carried out in the extrapersonal space, slight or no deficit for tasks performed in the peripersonal space (see Shelton et al. 1990; Cowey et al. 1994, 1999). The lesions causing neglect in humans are usually very large, thus while the findings of separate systems for peripersonal and extrapersonal space are robust and convincing, any precise localization of the two systems in humans is at the moment impossible.

In conclusion, lesions of IPL and its frontal targets both in monkeys and humans determine body awareness deficits. Furthermore, it must be stressed that not only does IPL appear to play a fundamental role in body and spatial awareness, but it is also necessary for the awareness of the quality of objects presented within peripersonal space. Evidence in favor of this point of view comes from a series of clinical and neuropsychological studies. Marshall and Halligan (1988) reported the case of a lady who, due to a severe visual neglect, explicitly denied any difference between the drawing of an intact house and that of the same house when burning, if the relevant features for the discrimination were on the neglected side. However, when forced to choose the house where she would prefer to live, she consistently choose the intact one, showing in this way an implicit knowledge of the content she was unable to report. Berti and Rizzolatti (1992) confirmed these findings in a systematic way. In their experiments patients with severe unilateral neglect were asked to respond as fast as possible to target stimuli presented within the intact visual field by pressing one of two keys according to the category of the target (fruits and animals). Before showing these stimuli, pictures of animals and fruits were presented to the neglected field as priming stimuli. The patients denied seeing these priming stimuli. Yet, their responses to the stimuli shown in the intact field were facilitated by the primes. This occurred not only in “highly congruent conditions”, that is when the prime stimulus and the target were physically identical (e.g. a dog), but also when prime and stimulus constituted two elements of the same semantic category, though physically dissimilar (e.g. a dog and an elephant).

These findings demonstrate that neglect patients are able to process stimuli presented within the neglected field up to a categorical semantic level of representation. However, they are not aware of them in the absence of IPL processing. This implies that the parietofrontal sensorimotor circuits must be intact for achieving awareness even of those stimuli, such as fruits or animals, that are analyzed mostly in the ventral stream.

Lesions of sensori-motor circuits, whose primary function is that of controlling movements of the body or of body parts towards or away from objects, produce deficits that do not exclusively concern the capacity to orient towards objects or to act upon them. These lesions produce also deficits in body, space, and object awareness.

The shared body of interpersonal relationships — Folk psychology is a way to describe how our mind is related to reality. According to folk psychology, thought is referential and the content of mental representations is described in terms of intentions, desires, and beliefs. Within a social cognitive level of description, according to folk psychology, we hold intentions, desires, and beliefs about other individuals, whose intentions, desires, and beliefs constitute the object of our social cognition. Classic cognitivism and some quarters in philosophy of mind grant ontological status to folk psychological notions like intention, desire, and belief, and provide an impressively detailed analytic description of the distinctive functional features characterizing them. There is one particular aspect of this classic model of the mind that I take to be particularly relevant to a discussion of the

neural correlates of social cognition. This aspect concerns the analysis of intention and its relationship with social perception.

Cognitive scientists, philosophers, and neuroscientists have – often jointly – recently taken up the challenge of a serious project of naturalization of social intentionality. According to folk psychology, when we perceive other acting individuals we translate the perception of their actions into the intentions, desires and beliefs that likely caused them. It has been emphasized that intentions and perceptions have different directions of fit (see Searle 1992; see also Jacob and Jeannerod 2003). Intentions would require the world to conform to the goals set by a volitional self. Conversely, perceptions would require the mind to conform to the objectively given world. These opposite relational directions actually reverse, when analyzed in terms of causation. Intentions reveal a mind-to-world causal relationship, while in perceptions the world causes the mind to instantiate particular representational states.

A neurobiologically plausible naturalization of social cognition thus entails the search for neural states capable of mapping intentions on perceptions within an integrated informational content. Intentions must henceforth be coded in the same representational format of their perception.

The first obstacle is represented by the ontological commitments of our naturalizing epistemic strategy. If folk psychological concepts have a distinct ontological status, their naturalization necessarily implies the search for a neural functional characterization of the same concepts. The risk of this strategy is to flatten the naturalization project to a mere neural correlation enterprise, often defined according to neural maps whose topology is normatively related to the basic ontological commitments of the same folk psychological concepts they should underpin. (e.g., see the vast literature on the neural correlates of the Theory of Mind Module). The whole enterprise seems to suffer of circularity. Hence I doubt that by applying this analysis to the study of social cognition we will ever be close to integrating the folk psychological and the neuroscientific levels of description within a coherent and biologically plausible naturalized framework. Let us see why.

Within our social world we perceive the actions performed by others, and we recognize and understand their meaning. These “social perceptions”, according to the classic account, are mapped with a mind-to-world direction of fit. But the objects of our cognitive social perceptions are the intentional relations of other minds. We have henceforth a mind-to-mind direction of fit. As it will become clearer further on in the paper, the mind/world distinction can be better understood in terms of a mereological relation.

Our social mental skills enable us to successfully retrieve the mental contents of others. Sometimes we misrepresent them, hence misunderstanding others. Most of the time, though, we are pretty good at understanding the goal of others’ behavior, why the goal was set, and on the basis of which previous elements the goal was set as such. We do it effortlessly and continuously during our daily social interactions. How is that accomplished? The dominant view in cognitive science is to clarify the formal rules structuring a solipsistic mind. Less attention has been devoted to investigate what triggers the sense of identity that we experience with the multiplicity of “other selves” populating our social world. Is the solipsistic type of analysis, inspired by folk-psychology, the best explanatory approach? In particular, is it doing full justice to the phenomenal aspects of our social intentional relations?

As human beings, we do not only mentally entertain an “objective” account of the behaviors constituting the social world in which we live. Beyond phenomenally experiencing the external, objective nature of an observed action, and viewing it as something displayed and acted by an external biological object, we also experience its goal-directedness or intentional character, similarly to when we experience ourselves as the willful conscious agents of an ongoing behavior. From a first-person perspective, our dynamic social environment appears to be populated by volitional agents capable of entertaining, similarly to us, an agentive intentional relation to the world. We experience other individuals as directed at certain target states or objects, similarly to how we experience ourselves when doing so.

The same dual perspective is at work when witnessing the emotions and sensations experienced by others. We can provide an “objective” description of these emotions or sensations. When explicitly asked to recognize, discriminate, parameterize, or categorize the emotions or sensations displayed by others, we exert our cognitive operations by adopting a third-person perspective, aimed exactly at *objectifying* the content of our perceptions. The overall goal of these cognitive operations is the deliberate categorization of an external state of affairs.

However, when we are involved on-line with social transactions, we experience a totally different attitude toward the objects of our perceptions. There is actually a shift of the object of our intentional relation. We are no longer directed to the content of a perception in order to categorize it. We are just *attuned to the intentional relation displayed by someone else*. In contrast to Mr. Spock, the famous character of the Star Trek saga, our social mental skills are not confined to a declarative third-person perspective. We are not alienated from the actions, emotions and sensations of others, because we entertain a much richer and affectively nuanced perspective of what other individuals do, experience, and feel. What makes this possible is the fact that *we own* those same actions, emotions, and sensations.

To naturalize social intentionality we should perhaps follow an alternative route. The alternative strategy I suggest here is a bottom-up characterization of the non-declarative and non-conceptual contents of social cognition. It consists in investigating the neural basis of our capacity to be attuned to the intentions of others. By means of *intentional attunement*, “the other” is much more than a different representational system; it becomes a person, like us. The advantage of such an epistemological approach is that it generates predictions about the intrinsic functional nature of our social cognitive operations that cut across, and neither necessarily depend on, nor are subordinate to any specific cognitive mind ontology, including that of Folk Psychology.

Action understanding — Our social world is inhabited by a multiplicity of acting individuals. Much of our social competence depends on our capacity for understanding the meaning of the actions we witness. These actions basically pertain to two broad categories. The first is the category of transitive, object-related actions, like grasping a coffee mug, picking up a phone, biting an apple, or kicking a football. The second category of social actions is that of intransitive, expressive or deictic actions, like sending kisses, uttering words, or pointing to a person or location in space. What makes our perception of both types of actions different from our perception of the inanimate world is the fact that there is something shared between the first and third person perspective of the former events; the observer and the observed are both human beings endowed with a similar brain-body system making them act alike (Gallese 2001).

The discovery of mirror neurons has triggered new perspectives on the neural mechanisms at the basis of action understanding. I deal first with transitive actions.

The understanding of object-related actions — About ten years ago a new class of premotor neurons discharging not only when the monkey executes goal-related hand actions like grasping objects, but also when observing other individuals (monkeys or humans) executing similar actions was discovered in the macaque monkey brain. These neurons were called “mirror neurons” (Gallese et al. 1996; Rizzolatti et al. 1996a; see also Gallese 2000, 2001, 2003a,b, 2005). Neurons with similar properties were later discovered in a sector of the posterior parietal cortex reciprocally connected with area F5 (PF mirror neurons, see Gallese et al. 2002a).

The observation of an object-related action leads to the activation of the same neural network active during its actual execution. Action observation causes in the observer the automatic simulated re-enactment of the same action. We proposed that this mechanism could be at the basis of an implicit form of action understanding (Gallese et al. 1996; Rizzolatti et al. 1996a; see also Gallese 2000, 2003b; Gallese et al. 2002a,b).

The relationship between action understanding and action simulation is even more evident in the light of the results of two more recent studies carried out in our laboratory. In the first series of experiments, F5 mirror neurons were tested in two conditions. In the first condition the monkey could see the entire action (e.g. a hand grasping action); in the second condition, the same action was presented, but its final critical part, that is, the hand-object interaction, was hidden. Therefore, in the hidden condition the monkey only “knew” that the target object was present behind the occluder. The results showed that more than half of the recorded neurons responded also in the hidden condition (Umiltà et al. 2001). These results seem to suggest that inferences about the goals of the behavior of others appear to be mediated by the activity of motor neurons coding the goal of the same action in the observer’s brain. Out of sight is not “out of mind” just because, by simulating the action, the gap can be filled.

Some transitive actions are characteristically accompanied by a specific sound. Often this particular sound enables us to understand what is going on even without any visual information about the action producing the sound. The perceived sound has the capacity to make an invisible action inferred, and therefore present and understood.

It was shown that a particular class of F5 mirror neurons, “audio-visual mirror neurons”, discharge not only when the monkey executes or observes a particular type of noisy action (e.g. breaking a peanut), but also when it just listens to the sound produced by the action (see Kohler et al. 2002; Keysers et al. 2003).

These “audio-visual mirror neurons” not only respond to the sound of actions, but also discriminate between the sounds of different actions. The actions, whose sounds maximally trigger the neurons’ discharge when heard, are those that also produce the strongest response when observed or executed. The activation of the premotor neural network normally controlling the execution of action “A” by sensory information related to the same action “A,” be it visual or auditory, can be characterized as simulating action “A”.

The multi-modally driven simulation of action goals instantiated by neurons situated in the ventral pre-motor cortex of the monkey, instantiates properties that are strikingly similar to the symbolic properties so characteristic of human thought. The similarity with conceptual content is quite appealing: the same conceptual content (“the goal of action

A”) results from a multiplicity of states subtending it, sounds, observed and executed actions. These states, in turn, are subtended by differently triggered patterns of activations within a population of “audio-visual mirror neurons”.

The action simulation embodied by audiovisual mirror neurons is indeed reminiscent of the use of predicates. The verb ‘to break’ is used to convey a meaning that can be used in different contexts: “Seeing someone breaking a peanut”, “Hearing someone breaking a peanut”, “Breaking a peanut”. The predicate, similarly to the responses in audiovisual mirror neurons, does not change depending on the context to which it applies, nor depending on the subject/agent performing the action. All that changes is the context the predicate refers to (Gallese 2003c; see also Gallese and Lakoff 2005).

The general picture conveyed by these results is that the sensory-motor integration supported by the premotor-parietal F5-PF mirror matching system instantiates simulations of transitive actions utilized not only to generate and control goal-related behaviors, but also to map the goals and purposes of others’ actions, by means of their simulation. This account doesn’t entail an explicit declarative format. It is meaningful and non-propositional.

What is the import of these data for our understanding of human social cognition? Several studies using different experimental methodologies and techniques have demonstrated in humans also the existence of a similar mirror system, matching action perception and execution (see Fadiga et al. 1995; Grafton et al. 1996; Rizzolatti et al. 1996b; Cochin et al. 1998; Decety et al. 1997; Hari et al. 1999; Iacoboni et al. 1999; Buccino et al. 2001). In particular, it is interesting to note that brain imaging experiments in humans have shown that during action observation there is a strong activation of premotor and parietal areas, the likely human homologue of the monkey areas in which mirror neurons were originally described (Grafton et al. 1996; Rizzolatti et al. 1996b; Decety et al. 1997; Decety and Grezes 1999; Iacoboni et al. 1999; Buccino et al. 2001).

The Understanding of Intransitive Actions — The macaque monkey ventral premotor area F5 also contains neurons related to mouth actions. These neurons largely overlap with hand-related neurons; however, in the most lateral part of F5, mouth-related neurons tend to be prevalent. We recently explored the most lateral part of area F5 where we described a population of mirror neurons mostly related to the execution/observation of mouth related actions (Ferrari et al. 2003). The majority of these neurons discharge when the monkey executes and observes transitive object-related ingestive actions, such as grasping, biting, or licking. However, a small percentage of mouth-related mirror neurons discharge during the observation of intransitive, communicative facial actions performed by the experimenter in front of the monkey (“communicative mirror neurons”, Ferrari et al. 2003). These actions are lip-smacking, lips or tongue protrusion. A behavioral study showed that the observing monkeys correctly decoded these and other communicative gestures performed by the experimenter in front of them, because they elicited congruent expressive reactions (Ferrari et al. 2003). It is therefore plausible to propose that communicative mirror neurons might constitute a further instantiation of a simulation-based social heuristic.

A recent brain imaging study, in which human participants observed mouth actions performed by humans, monkeys and dogs (Buccino et al. 2004), further corroborates this hypothesis. The observed mouth actions could be either transitive, object-directed actions, like a human, a monkey, or a dog biting a piece of food, or intransitive communicative actions, like human silent speech, monkey lip-smacking, and dog barking. The results

showed that the observation of all biting actions led to the activation of the mirror circuit, encompassing the posterior parietal and ventral premotor cortex (Buccino et al. 2004).

Interestingly, the observation of communicative mouth actions led to the activation of different cortical foci according to the different observed species. The observation of human silent speech activated the pars opercularis of the left inferior frontal gyrus, the premotor sector of Broca's region. The observation of monkey lip-smacking activated a smaller part of the same region bilaterally. Finally, the observation of the barking dog, activated only extrastriate visual areas. Actions belonging to the motor repertoire of the observer (e.g., biting and speech reading) or very closely related to it (e.g. monkey's lip-smacking) are mapped on the observer's motor system. Actions that do not belong to this repertoire (e.g., barking) are mapped and henceforth likely categorized on the basis of their visual properties.

The involvement of the motor system during observation of communicative mouth actions is also testified by the results of a TMS study by Watkins et al. (2003), in which they showed that the observation of silent speech-related lip movements enhanced the size of the motor-evoked potential in lip muscles. This effect was lateralized to the left hemisphere. Consistent with the brain imaging data of Buccino et al. (2004), the results of Watkins et al. (2003) show that the observation of communicative, speech-related mouth actions, facilitate the excitability of the motor system involved in the production of the same actions. Again, we have evidence that embodied simulation mediates the decoding of social meaningful actions.

Action understanding as action simulation — When a given action is planned, its expected motor consequences are forecast. This means that when we are going to execute a given action we can also predict its consequences. This prediction is the computational result of the action model. Through a process of "equivalence" between what is acted and what is perceived, given its shared and overlapping sub-personal neural mapping, this information can also be used to predict the consequences of actions performed by others. This equivalence – underpinned by the activity of mirror neurons – is made possible by the fact that both predictions (of our actions and of others' actions) are simulation (modeling) processes. The same functional logic that presides over self-modeling is employed also to model the behavior of others: to perceive an action is equivalent to internally simulating it. This enables the observer to use her/his own resources to penetrate the world of the other by means of a direct, automatic, and unconscious process of motor simulation. Such simulation processes automatically establish a direct link between agent and observer, in that both are mapped in a neutral fashion. The agent parameter is specified, but not its specific filler, which is indeterminate. Mirror neurons constitutively map an agentive relation; the mere observation of an object not acted upon indeed does not evoke any response (Gallese et al. 1996). It is just the agentive relational specification that triggers the mirror neurons' response. The fact that a specific agent is not mapped doesn't entail that an agentive relation is not mapped, but simply that the agent parameter can either be oneself or the other.

As we have seen, in humans as in monkeys, action observation constitutes a form of action simulation. This kind of simulation, however, is different from the simulation processes occurring during visual and motor imagery. Action observation automatically triggers action simulation, while in mental imagery the simulation process is triggered by a deliberate act; one purposely decides to imagine observing something or doing something. An empirical validation of this difference comes from brain imaging experiments carried out on healthy human participants. By comparing the motor centers

activated by action observation with those activated during voluntary mental motor imagery, it emerges that only the latter leads to the activation of pre-SMA and of the primary motor cortex (see Ehrsson et al. 2003).

That said, it appears nonetheless that both mental imagery and action observation are kinds of simulation. The main difference is what triggers the simulation process: an internal event, in the case of mental imagery, and an external event, in the case of action observation. This difference leads to slightly different patterns of brain activation. However, both conditions share a common mechanism: the simulation of actions by means of the activation of parietal-premotor cortical networks. I submit that this process of automatic simulation also constitutes a basic level of understanding, a level that does not entail the explicit use of any theory or declarative representation.

The body of emotions — Emotions constitute one of the earliest ways available to the individual to acquire knowledge about its situation, thus enabling her/him to reorganize this knowledge on the basis of the outcome of the relations entertained with others. This points to a strong interaction between emotion and action. We seldom touch, look at, smell, or generally interact with the things and situation that we dislike. We do not “translate” these objects or situations into motor schemas suitable to interact with them, as we normally do with objects and situation triggering positive hedonic reactions. The objects and situations we dislike are rather “translated” into aversive motor schemas, which are “tagged” with negative affective-hedonic connotations. The coordinated activity of sensory-motor and affective neural systems results in the simplification and automatization of the behavioral responses that living organisms are supposed to produce in order to survive. The strict coupling between affect and sensory-motor integration appears to be one of the most powerful drives leading the developing individual to the achievement of progressively more “distal” and abstract goals (see Gallese and Metzinger 2003; Metzinger and Gallese 2003).

Such a coupling between emotion and action is indeed highlighted by a study of Adolphs et al. (2000), where over 100 brain-damaged patients were reviewed. This study showed that the patients who suffered damage to the sensory-motor cortices were also those who scored worst when asked to rate or name facial emotions displayed by human faces. As underlined by Adolphs (2002, 2003), the integrity of the sensory-motor system appears to be critical for the recognition of emotions displayed by others, because the sensory-motor system appears to support the reconstruction of what it would feel like to be in a particular emotion, by means of simulation of the related body state.

Before addressing the role of embodied simulation in the understanding of emotions, it is necessary to clarify what exactly we refer to when we speak of emotions. There are many different ways to experience an emotion. Emotion is a word that designates and refers to a multidimensional aspect of our life. To experience an emotion can be described as subjectively living “inner body states” of varied intensity and amplitude that can surface, with a variety of degrees of explicitness, as ostensive behaviors, often localized to specific body parts, like the face.

Under both first- and third-person perspectives of emotion experience, a complex state of the organism is accompanied by variable degrees of awareness and meta-awareness, variously indicated as “appraisal”. It is common experience to be asked by people we know questions like: “Why are you so angry at me?” without having realized until the very moment in which the question was asked that we were indeed expressing the emotion of anger. We can be in a given emotional state, and express it ostensibly with our body, without fully experiencing its content as the content of a particular emotion. Lambie and

Marcel (2002) have distinguished two levels of emotion appraisal; a first-order phenomenal state, what they call “First-order emotion experience”, and conscious second-order awareness. Both states can be either self-directed (first-person perspective) or world-directed (third person perspective). The content of the first-order phenomenal state is physical, centered on one’s body state. The content of second-order conscious awareness can be either propositional or non propositional.

It should be emphasized that it is indeed possible to witness the expression of a given emotional state displayed by someone else without explicitly relying on the propositional description of that state. It is precisely this unmediated, direct form of emotion understanding that I will be addressing here. More specifically, I will characterize the neural underpinnings of a simulation-based type of basic social emotion understanding.

Recent empirical support for a tight link between embodied simulation and our perception of the emotions of others as displayed by their facial expressions, comes from an fMRI study on healthy participants by Carr et al. (2003). This study shows that both observation and imitation of the facial expression of emotions activate the same restricted group of brain structures, including the ventral premotor cortex, the insula and the amygdala. These data show that the perception and production of emotion-related facial expressions, both impinge upon common neural structures whose function could be characterized as that of a neural mirror matching mechanism. However, one might argue that pretence, the purposive enactment of the overt body expression of an emotion, doesn’t grant its characteristic phenomenal awareness. Imitating the expression of emotions doesn’t necessarily produce the first-person experience of the emotion one is imitating.

In a recently published fMRI study carried out on healthy human participants, we specifically addressed the issue whether the first- and third-person experience of a particular emotion are mapped by a shared neural representation. To that purpose, we scanned the brain activity of healthy participants during the phenomenal experience of disgust, by having them inhaling disgusting odorants, and during the observation of the same emotion as displayed by video clips of other individuals dynamically expressing it with their facial expression. The results of this study showed that witnessing the facial expression of disgust of others activates the left anterior insula at the same overlapping location activated by the first-person subjective experience of disgust (Wicker et al. 2003). The anterior sector of the insula receives rich connections from olfactory and gustatory structures and from the anterior sectors of the ventral bank of the superior temporal sulcus, where cells have been found in the monkey to respond to the sight of faces (Bruce et al. 1981; Perrett et al. 1982). The anterior insula thus appears to link gustatory, olfactory and visual stimuli with visceral sensations and the related autonomic and visceromotor responses. Penfield and Faulk (1955) electrically stimulated the anterior insula in humans undergoing neurosurgery. During the stimulation the patients reported feeling nauseous and sick. Krolak-Salmon et al. (2003), by using shorter and weaker stimulation parameters evoked unpleasant sensations in the throat and mouth. These results support the link between the anterior visceromotor insula and the experience of disgust or related aversive visceral sensations and visceromotor reactions.

A few clinical cases also show that when the anterior insula is damaged, both the subjective experience of disgust and the capacity to recognize this emotion in others are seriously impaired. Calder et al. (2000) report the case of the patient NK, who after lesions of the left insula and neighbouring structures was selectively impaired in recognising disgust in the facial expressions of others. This incapacity to perceive disgust extended to

the auditory modality: he did not recognise the emotional valence of sounds typical for disgust such as retching, while easily recognising that of sounds characteristic of other emotions such as laughter. His recognition of the facial expression of other emotions, including that of fear, was normal. What is most interesting for our discussion is the fact that the multimodal perceptual deficit for disgust of NK was mirrored by an equivalent deficit in NK's first-person experience of the same emotion. He reported having a reduced sensation of disgust, ranking almost two standard deviations below the normal score in a questionnaire measuring the emotional experience of disgust. His experience of other emotions, though, was fairly normal.

A similar pattern of deficits was reported by Adolphs et al. (2003). They described the patient B who, following bilateral damage to the insula, showed substantial deficits in recognizing the facial expression of disgust, while preserving his recognition of other facial expressions. Patient B's incapacity to experience disgust is evident from the fact that he ingests food indiscriminately, including inedible items, and fails to feel disgust when presented with stimuli representing disgusting food items.

Experiencing disgust and witnessing the same emotion expressed by the facial mimicry of someone else both activate the same neural structure, the anterior insula. The damage of this structure impairs both the capacity to experience disgust and that of recognizing it in others. This suggests, at least for the emotion of disgust, that the first- and third-person experience of a given emotion is underpinned by the activity of a shared neural substrate. When I see a given facial expression, and this perception leads me to understand that expression as characterized by a particular affective state, I do not accomplish this type of understanding through an argument by analogy. The other's emotion is constituted and understood by means of an embodied simulation producing a shared body state. It is the body state shared by the observer and the observed that enables direct understanding. A similar simulation-based mechanism has been proposed by Goldman and Sripada (2005) as "unmediated resonance".

Of course, embodied simulation is not the only functional mechanism underpinning emotion understanding. Emotional stimuli can also be understood on the basis of the explicit cognitive elaboration of their visual aspects. These two mechanisms are not mutually exclusive. Embodied simulation, probably the most ancient mechanism from an evolutionary point of view, is experiencebased, while the second mechanism is a cognitive description of an external state of affairs.

Being "in touch"

In the posthumously published second book of his *Ideas* (1989), Husserl points out that the lived body (Leib) is the constitutive foundation of any perception, the perception of others included. Were we adopting this perspective to frame social cognition, we could say that the self-modeling functional architecture of the alive body scaffolds the modeling of the intentional relations of other individuals. The multimodal dynamic model of our body as of a goal-seeking organism, brings about the basic representational architecture for the mapping of intentional relations. The empirical evidence so far reviewed on action and emotion perception seems to support this line of thought. Let us focus now on tactile sensations as the target of our social perception.

Touch has a privileged status in making possible the social attribution of alive personhood to others. "Let's be in touch" is a common expression in everyday language, which metaphorically describes the wish to keep on being related, being in contact with someone else. Such examples show how the tactile dimension is intimately related to the

interpersonal dimension. New empirical evidence suggests that the first-person subjective experience of being touched on one's body activates the same neural networks activated by observing the body of someone else being touched (Keysers et al. 2004). Within SII-PV, a multimodal cortical region, likely exceeding the limits of the traditional unimodal second somatosensory area, there is a localized neural network similarly activated by the self-experienced sensation of being touched, and the perception of an external tactile relation.

Such an activation, obtained during the perception of another body being touched, could perhaps be more parsimoniously interpreted as the outcome of the prediction of a body impact on the observer's own body. However, in sharp contrast with what this interpretation would have predicted, the manipulation of the perspective (subjective vs. objective) under which the observed tactile stimulation was presented to participants did not modify the degree of activation of the same overlapping region within SII-PV. Thus, visual stimuli activate SII/PV in a way that is unaffected by how easily they can be integrated into our body schema.

In a second experiment, we replaced the legs of the actors in the video clips by inanimate objects: rolls of paper towels and binders. Results indicated that even seeing an object getting touched produced a significantly larger activation of SII/PV compared to seeing the object being only approached (see Keysers et al. 2004). The touching of two surfaces in the outside world is something in principle very abstract, if only visually mapped. Mapping it onto what we feel when one of the surfaces being touched is our own body, fills this abstract visual event with a very personal meaning: what it feels like to be touched. It appears therefore that the critical stimulus for SII/PV activation is the perception of touch; be it the touch of an object, another human being, or our own legs. This double pattern of activation of the same brain region seems to suggest that both our capacity to recognize and implicitly understand the tactile experience of others, and a more abstract notion of touch (as in the case of object touch) could be mediated by embodied simulation.

These results suggest that the full appreciation of others as persons like us depends upon the involvement of body-related first-person tactile experiential knowledge. Again, this perspective is closely related to Husserl's notion of intersubjectivity. As repeatedly stated in *Ideas II* (1989), the dual nature of our own body as the sensing subject and the sensed object of our perceptions, enables the constitution of other living humans as understandable persons. The body simultaneously perceived as an external object and as an experiential subject grounds within the same substrate made of flesh the sense of experiential personhood we attribute to others. We retrieve the inner sense of the experiences and motivations of others from their overt behavior because it induces the activation of the same functional mechanisms enabling our own sense of personhood.

The many sides of simulation — The notion of simulation is employed in many different domains, often with different, not necessarily overlapping meanings. Simulation is a functional process that possesses a certain representational content, typically focusing on possible states of its target object. For example, an authoritative view on motor control characterizes simulation as the mechanism employed by forward models to predict the sensory consequences of impending actions. According to this view, the predicted consequences are the simulated ones.

In philosophy of mind, on the other hand, the notion of simulation has been used by the proponents of Simulation Theory of mindreading to characterize the pretend state

adopted by the attributer in order to understand others' behavior (see Gordon 1986, 1995, 2000, 2005; Goldman 1989, 1992a,b, 1993a,b, 2000).

I employed the term simulation as an automatic, unconscious, and pre-reflexive functional mechanism, whose function is the modeling of objects, agents, and events. Simulation, as conceived of in the present paper, is therefore not necessarily the result of a willed and conscious cognitive effort, aimed at interpreting the intentions hidden in the overt behavior of others, but rather a basic functional mechanism of our brain. However, because it also generates representational content, this functional mechanism seems to play a major role in our epistemic approach to the world. It represents the outcome of a possible action, emotion, or sensation one could take or experience, and serves to attribute this outcome to another organism as a real goal-state it is trying to bring about, or as a real emotion or sensation it is experiencing.

Successful perception requires the capacity of predicting upcoming sensory events. Similarly, successful action requires the capacity of predicting the expected consequences of action. As suggested by an impressive and coherent amount of neuroscientific data (for a review, see Gallese 2003a), both types of predictions seem to depend on the results of unconscious and automatically driven neural states, functionally describable as simulation processes.

According to the use made of this notion in the present paper, simulation is not conceived of as being confined to the domain of motor control, but rather as a more general and basic endowment of our brain. It is mental because it has content, but it is sensory-motor because its function is realized by the sensory-motor system. I call it “embodied” – not only because it is neurally realized, but also because it uses a pre-existing body-model in the brain, and therefore involves a non-propositional form of self-representation.

In this context, action simulation in social cognition can also be seen as an exaptation. It is possible that there has never been any “special design” for the function I describe here. It might be an extended functionality later co-opted from a distinct original adaptational functionality, namely, sensory-motor integration for body control purposes.

Conclusions — The main points of the present paper are the following. First, the same neural structures modeling the functions of our body in the world also contribute to our awareness of our lived body in the world and of the objects that the world contains. Embodied simulation constitutes the functional mechanism at the basis of this dual property of the same neural circuits. If this is true, the posited sharp dichotomy between neural correlates of body schema and body image should be questioned. Most importantly, the rigid distinction between an unconscious system responsible for controlling our body in the world and the conscious awareness of the properties that the same body instantiates should also be questioned. It is worth noting that the somatosensory system is not only responsible for the somatotopic mapping of incoming sensory stimuli, but is also crucial in producing the body's self-awareness, by means of the peculiar experience of double-touch. As Husserl (1989) points out, “. . . I do not see my body, the way I touch myself: What I call the seen Body is not something seeing which is seen, the way my body as touched is something touching which is touched” (Ideas II, p. 155).

Second, there are neural mechanisms mediating between the multi level personal background experience we entertain of our lived body, and the implicit certainties we simultaneously hold about others. Such personal body-related experience enables us to understand the actions performed by others, and to directly decode the emotions and

sensations they experience. Our seemingly effortless capacity to conceive of the acting bodies inhabiting our social world as goal-oriented persons like us depends on the constitution of a shared meaningful interpersonal space. This shared manifold space can be characterized at the functional level as embodied simulation, a specific mechanism, likely constituting a basic functional feature by means of which our brain/body system models its inter-actions with the world. Embodied simulation constitutes a crucial functional mechanism in social cognition, and it can be neurobiologically characterized. The mirror neurons matching systems represent the sub-personal instantiation of this mechanism (see also Gallese et al. 2005).

The neuroscientific evidence reviewed here suggests that social cognition is tractable at the neural level of description. This level is implicit, though, when the organism is confronting the intentional behavior of others, it produces a specific phenomenal state of “intentional attunement”. This phenomenal state generates a peculiar quality of familiarity with other individuals, produced by the collapse of the others’ intentions into the observer’s ones. This of course doesn’t account for all of our mentalizing abilities. Our most sophisticated mentalizing abilities likely require the activation of large regions of our brain, certainly larger than a putative domain-specific Theory of Mind Module. For example, the same actions performed by others in different contexts can lead the observer to radically different interpretations. Thus, social stimuli can also be understood on the basis of the explicit cognitive elaboration of their contextual aspects and of previous information. These two mechanisms are not mutually exclusive. Embodied simulation is experience-based, while the second mechanism is a cognitive description of an external state of affairs. I posit that embodied simulation scaffolds the propositional, more cognitively sophisticated mentalizing mechanism. When the former mechanism is not present or malfunctioning, as in autism, the latter can provide only a pale, detached account of the social experiences of others (Gallese 2004).

The sharp distinction, classically drawn between the first- and third-person experience of actions, emotions, and sensations, appears to be much more blurred at the level of the sub-personal mechanisms mapping it. The gap between the two perspectives is bridged by the way the intentional relation is functionally mapped at the neural-body level. Any intentional relation can be mapped as a relation holding between a subject and an object. The mirror neural circuits described in the second part of the paper map the different intentional relations in a compressed and indeterminate fashion, which is neutral about the specific quality or identity of the agentive/subjective parameter. By means of a shared functional state realized in two different bodies that nevertheless obey the same functional rules, the “objectual other” becomes “another self”.

The shareability of the phenomenal content of intentional relations as mediated by sensory-motor multimodally integrated neural circuits, has interesting consequences – both from a theoretical and empirical point of view – for the debate on how semantics is mapped in the brain. The picture conveyed by the neuroscientific data I reviewed here suggests the necessity to cut across the widely endorsed dichotomy between distinct semantic and pragmatic cognitive domains. Social meaning is primarily the object of practical concern, and not of theoretical judgement (see Millikan 2004). It relies on non-inferential mechanisms, which do not require the explicit use of rationality. As put by Gordon (2005), the implicit recognition of conspecifics as intentional agents like oneself is a case of procedural rather than declarative knowledge.

Furthermore, if embodied simulation and its neural counterpart – the mirror neurons circuits – do indeed constitute a non-propositional mechanism for social meaning

attribution, the sharp dichotomy between a semantic/pragmatic division of labour among brain areas (see Goodale and Milner 1992; Jacob and Jeannerod 2003), should also be questioned.

The ideas discussed in this paper are aimed to provide building blocks for a general neuroscientific account of basic aspects of phenomenal experience. Future neuroscientific research will hopefully provide further empirical tests to their validity.

Movimento, emozione, empatia. I fenomeni che si producono a livello corporeo osservando le opere d'arte

David Freedberg, Vittorio Gallese, *Motion, emotion and empathy in esthetic experience*, in "Trends in Cognitive Sciences", Vol.11 (5), 01/05/2007, pp. 197-203. Tradotto da Mariagrazia Pelaia, *Movimento, emozione, empatia. I fenomeni che si producono a livello corporeo osservando le opere d'arte*, in "Prometeo: Rivista trimestrale di scienze e storia", anno 26, n. 103 (2008), pp. 52-89.

Premessa — La scoperta dei neuroni specchio e della "simulazione incarnata" (embodied simulation), un meccanismo implicito di modellizzazione delle relazioni intenzionali, non è stata ancora esaminata in tutte le sue implicazioni, per esempio sotto l'aspetto delle reazioni empatiche alle immagini, in generale, e alle opere d'arte visiva in particolare. Qui ci occuperemo del problema, mettendo in discussione il primato cognitivo nelle reazioni all'arte. La nostra ipotesi è che l'elemento cruciale nell'apprezzamento estetico consiste nell'attivazione di meccanismi incarnati in grado di simulare azioni, emozioni e sensazioni corporee, e che questi meccanismi sono universali. Questo livello elementare di reazione è essenziale per capire l'efficacia che hanno su di noi sia le immagini della vita quotidiana che quelle artistiche. Altri fattori storici, culturali e contestuali non invalidano l'importanza della comprensione dei processi neuronali responsabili della percezione empatica delle opere d'arte visive.

Introduzione — Anche se non si è raggiunto un consenso unanime su come definire l'arte, il problema della sua natura (comunque sia definita) ha attratto l'interesse dei neuroscienziati cognitivi che hanno fondato un campo di ricerca denominato "neuroestetica" (Zeki 1999; 2002, pp. 53-76). Sono stati compiuti altri tentativi per desumere regole di percezione universali che spieghino cos'è l'arte e quali piaceri estetici ne ricaviamo, basandosi sulla conoscenza psicofisica e neurocognitiva della parte visiva del cervello.

Qui perseguiamo una strategia diversa: per prima cosa mettiamo da parte la dimensione artistica delle opere visive e ci concentriamo sui fenomeni che si producono a livello corporeo nel corso della contemplazione delle opere in virtù del loro contenuto visivo. Illustriamo i meccanismi neuronali che sostengono il "potere" empatico "delle immagini" (Freedberg, 1989) e dimostriamo che la simulazione incarnata e i sentimenti empatici da essa generata svolgono un ruolo cruciale.

La scoperta dei neuroni specchio nei macachi e di analoghi meccanismi imitativi nel cervello umano, insieme alla nuova importanza assunta dai processi emotivi nel campo della percezione sociale, hanno modificato la nostra conoscenza della base neuronale dell'interazione sociale. La ricerca neuroscientifica ha gettato luce sui modi in cui

“empatizziamo” con gli altri, sottolineando il ruolo dei modelli impliciti dei comportamenti e delle esperienze altrui, ovvero il meccanismo della simulazione incarnata. La nostra capacità di dare un senso in modo prerazionale alle azioni, emozioni e sensazioni degli altri dipende dalla simulazione incarnata, un meccanismo funzionale attraverso cui le azioni, emozioni e sensazioni che vediamo attivano le nostre rappresentazioni interne degli stati corporei associati a questi stimoli sociali, come se vivessimo la stessa azione, emozione o sensazione. L'attivazione della stessa area cerebrale durante l'esperienza in prima e terza persona di azioni, emozioni e sensazioni suggerisce che, come per il giudizio cognitivo esplicito degli stimoli sociali, vi è probabilmente un meccanismo filogeneticamente più antico che consente una comprensione esperienziale diretta degli oggetti e del mondo interiore degli altri.

La nostra ricerca prevede una fase successiva in cui approfondiamo - all'interno dello stesso schema empatico — l'analisi degli effetti prodotti dalle opere d'arte, in particolare l'immedesimazione in particolari gesti coinvolti nella loro produzione.

La maggior parte dei fruitori di opere d'arte hanno dimestichezza con le sensazioni di collaborazione empatica con ciò che si vede nell'opera. Si tratta di una comprensione empatica delle emozioni degli altri rappresentati oppure, in modo più sorprendente, di un impulso all'imitazione interiore delle azioni compiute da altri che si osservano in quadri e sculture. Queste considerazioni ci portano a formulare due dilemmi: quanto conta l'empatia nell'esperienza estetica, e quali sono i meccanismi neuronali coinvolti?

Empatia ed esperienza estetica — Iniziamo con esempi del modo in cui i fruitori di opere d'arte descrivono l'empatia corporea. Per esempio, nel caso dei *Prigioni* di Michelangelo le reazioni tendono ad assumere la forma di una percezione di attivazione muscolare localizzata nelle stesse regioni corporee evidenziate nella scultura, in perfetta sintonia con l'intenzione di Michelangelo di rappresentare la lotta dei suoi personaggi per liberarsi dalla loro matrice materiale. Guardando le scene dei Disastri della guerra di Goya, l'empatia corporea si manifesta non soltanto nelle reazioni ai molti disagi delle figure rappresentate, che danno agli spettatori l'impressione di patire in modo analogo, ma anche nelle rappresentazioni spesso orribili di carne lacerata e trafitta. In questi casi, le reazioni fisiche degli osservatori sembrano localizzarsi precisamente nelle parti del corpo minacciate, oppresse, bloccate o destabilizzate nella raffigurazione. Inoltre, l'empatia fisica si tramuta facilmente in sentimento di empatia emotiva per i modi in cui il corpo viene danneggiato o mutilato. Persino quando l'immagine con contiene un riferimento apertamente emotivo, può provocare una sensazione di risonanza fisica. Sono tutti casi in cui gli spettatori possono addirittura simulare automaticamente l'espressione emotiva, il movimento o persino il movimento implicito della rappresentazione.

La simulazione si verifica non soltanto in risposta a opere figurative, ma anche a forme architettoniche, come una colonna tortile romanica. Nel caso di dipinti astratti come quelli di Jackson Pollock, gli osservatori spesso avvertono una sensazione di coinvolgimento corporeo nei movimenti impliciti nelle tracce fisiche — I segni del pennello o gli schizzi di vernice — delle azioni creative compiute dall'autore. Ciò vale anche per i tagli nella tela di Lucio Fontana, dove la visione del dipinto squarciato favorisce una sensazione di movimento empatico che sembra coincidere con il gesto che ha prodotto lo strappo.

Nella seconda metà del XIX secolo vari studiosi tedeschi, scrivendo sulle arti visive, hanno esposto le loro opinioni sul coinvolgimento corporeo dello spettatore in risposta a opere di pittura, scultura e architettura (Koss 2006, pp. 139-157; Etlin 1998, pp. 1-19).

Sebbene già a partire dal Settecento scrittori come DuBos (e altri, fra cui Hume, Burke, Adam Smith e Herder) abbiano commentato l'imitazione interiore delle emozioni e delle azioni altrui, l'importanza dell'empatia per l'estetica è stata sottolineata per la prima volta da Robert Vischer nel 1873. Con il termine *Einfühlung* (letteralmente "sentire dentro") Vischer designava le reazioni fisiche prodotte dall'osservazione dei dipinti, notando come forme particolari suscitassero particolari reazioni emotive, a seconda della loro conformità al disegno e alla funzione dei muscoli corporei. Elaborando le idee di Vischer, Wölfflin propose le sue opinioni sul modo in cui l'osservazione di particolari forme architettoniche stimolava le reazioni fisiche degli osservatori. Dal 1893 Aby Warburg scrisse delle *Pathosformel*, per mezzo delle quali le forme esteriori del movimento in un'opera rivelavano le emozioni interiori del personaggio interessato. Quasi nello stesso periodo, Bernard Berenson delineava le sue teorie su come l'osservazione del movimento rappresentato nelle opere d'arte rinascimentali potenziasse la consapevolezza di analoghe potenzialità muscolari nel proprio corpo. Inoltre, il suo concetto di "valori tattili" prefigurava aspetti dell'attuale teoria empatica. Anche Theodor Lipps nella stessa epoca andava elaborando le sue concezioni sul nesso fra godimento estetico, da una parte, e coinvolgimento fisico con lo spazio, dall'altra, nell'architettura e in altre arti.

Tutti questi scrittori credevano che l'emozione del coinvolgimento fisico nelle opere d'arte non soltanto provocava un sentimento di imitazione del movimento visto o implicito nell'opera d'arte, ma potenziasse anche le reazioni emotive dello spettatore nei suoi confronti.

Nell'opera di Merleau-Ponty si rivolgeva una particolare attenzione alle conseguenze estetiche della sensazione di coinvolgimento fisico suscitata da dipinti e sculture. L'autore suggeriva anche le possibilità di immedesimazione corporea con le azioni implicite dell'artista, come nel caso dei dipinti di Cézanne. David Rosand ha dedicato particolare attenzione alla sensazione di coinvolgimento empatico con i movimenti delle mani impliciti nei disegni degli artisti, da Leonardo a Tiepolo, fino a Piranesi. Sebbene queste teorie siano spesso tenute in considerazione, l'assunto fenomenologico non ha trovato molto seguito nel campo della storia dell'arte.

La storia e la critica d'arte del Novecento hanno perlopiù trascurato le reazioni emotive, privilegiando un approccio totalmente cognitivo e distaccato all'estetica, essendo le emozioni in gran parte legate al contesto e difficili da classificare. In effetti, le numerose prove neuroscientifiche che chiariscono la natura dell'empatia e il ruolo delle emozioni sono state del tutto trascurate nella moderna letteratura scientifica riguardante l'arte e la sua storia. Il nostro scopo è quello di colmare la lacuna proponendo una teoria delle reazioni empatiche alle opere d'arte che non sia esclusivamente introspettiva, intuitiva o metafisica, ma sia dotata di una base materiale precisa e individuabile nel cervello. Sebbene le prove da noi considerate possano essere integrate con un'ampia varietà di fattori contestuali (storici, sociali, culturali o persino personali), qui ci interessano i meccanismi fondamentali portati in primo piano dalla ricerca recente sui neuroni specchio e su quelli canonici, e l'intelaiatura neuronale dell'empatia e dell'immedesimazione.

Prenderemo in considerazione due componenti dell'esperienza estetica coinvolte nella contemplazione di opere d'arte visiva (nonché altre immagini che non rientrano necessariamente in questa categoria): 1. la relazione fra emozioni empatiche imitative nell'osservatore e il contenuto rappresentativo delle opere in termini di azioni, intenzioni, oggetti, emozioni e sensazioni descritte in un certo dipinto o scultura; 2. la relazione fra emozioni empatiche imitative nell'osservatore e la composizione dell'opera, in termini di

tracce visibili dei gesti creativi dell'artista, per esempio una modellatura vigorosa dell'argilla, un'energica distribuzione della pittura, un tratto veloce del pennello e, più in generale, i segni prodotti dal movimento della mano. Entrambe le componenti sono sempre presenti, seppure in proporzioni variabili. Nell'arte non figurativa moderna e contemporanea la relazione fra emozioni empatiche imitative nell'osservatore e struttura dell'opera costituisce una parte sostanziale dell'esperienza estetica.

Simulazione incarnata nell'esperienza estetica: azioni e intenzioni — La scoperta dei neuroni specchio getta luce sulla base neuronale della frequente, e finora inspiegabile, sensazione fisica che spesso induce a reagire all'opera d'arte con una apparente imitazione delle azioni in essa rappresentate o di quelle implicite nei movimenti necessari alla sua esecuzione. I neuroni specchio offrono anche la possibilità di capire più chiaramente la relazione fra la reazione alla percezione del movimento in opere di pittura, scultura e architettura (e non soltanto nella modalità antropomorfa o figurativa) e le emozioni che tali opere suscitano. Per amore di chiarezza e concisione, esamineremo azioni, intenzioni e oggetti separatamente dalle emozioni e sensazioni. Questi ambiti, lungi dall'essere indipendenti, sono intimamente correlati in molti modi e per mezzo di meccanismi che stiamo appena cominciando a investigare. Cominciando con l'analisi delle azioni.

Come è stato chiarito dalla scoperta dei neuroni specchio nella corteccia parietale posteriore e premotoria dei macachi, un'azione osservata o compiuta comporta l'attivazione degli stessi neuroni. In una fase successiva della ricerca si è dimostrato che il sistema dei neuroni specchio (MNS) esiste anche nella corteccia premotoria ventrale umana (comprendente l'area di Brodmann 44) e nella corteccia parietale posteriore. Il sistema dei neuroni specchio che si mobilita osservando un'azione — in particolare se orientata verso un obiettivo — attiva le stesse reti neuronali coinvolte nell'esecuzione dell'azione. Ciò suggerisce spontaneamente una spiegazione al frequente coinvolgimento empatico con i movimenti nelle opere d'arte.

I neuroni specchio si sono anche dimostrati reattivi alle azioni implicite, nel caso in cui, per esempio, la loro fase finale viene oscurata. Dunque, essi consentono la comprensione dell'azione altrui per mezzo della simulazione incarnata, attivando la rappresentazione motoria dell'azione in questione, persino quando la sua conclusione è soltanto accennata.

Il sistema dei neuroni specchio per le azioni umane è organizzato somatopicamente, con aree corticali distinte all'interno delle corteccie parietali posteriori e premotorie, che vengono attivate entrambe sia dall'osservazione che dall'esecuzione di azioni compiute con la bocca, la mano e i piedi. È stato anche dimostrato che il sistema MNS negli esseri umani è direttamente coinvolto nella percezione di azioni comunicative facciali, nell'imitazione di movimenti semplici e nell'apprendimento di complessi atti motori persino mai eseguiti in precedenza. Recenti studi su macachi ed esseri umani hanno dimostrato che i neuroni specchio non soltanto agevolano la comprensione dell'azione, ma aiutano a decodificare la sua intenzione sottintesa.

La ricerca sui neuroni specchio ha dimostrato che persino l'osservazione di immagini statiche di azioni stimola l'atto di simulazione nel cervello dell'osservatore. Guardare la foto di una mano che cerca di afferrare un oggetto o lo tiene saldamente in pugno, attiva nel cervello dell'osservatore la rappresentazione motoria dell'azione raffigurata. Inoltre Calvo-Merino *et al.* hanno dimostrato che la stimolazione magnetica transcranica ripetitiva della corteccia premotoria ventrale, ma non dell'area visiva extrastriata che risponde alla visione dei corpi, disturba la capacità di percepire figure immobili di corpi danzanti come entità visive complete, suggerendo così che l'attività del sistema neuroni specchio è strategicamente coinvolta nell'elaborazione globale dei corpi.

In base a questi risultati, appare logico che un processo analogo di simulazione motoria può scaturire dall'osservazione di immagini ferme di un'azione nelle opere d'arte. Non sorprende che reazioni fisiche a opere d'arte siano spesso localizzate nella parte del corpo coinvolta in azioni fisiche intenzionali dell'immagine osservata, persino nei casi in cui l'azione sembra il risultato di una reazione emotiva (come le scene di lutto e lamentazione, per esempio). Ma cosa accade nel caso dell'osservazione di oggetti statici?

Simulazione incarnata nell'esperienza estetica: oggetti — La scoperta di “neuroni canonici” nella corteccia premotoria del macaco e quella di neuroni parietali con proprietà simili hanno dimostrato che l'osservazione di oggetti statici afferrabili attiva non soltanto le aree visive dell'encefalo, ma anche le aree motorie che controllano le azioni associabili all'oggetto, come quella di afferrarlo. L'osservazione di un oggetto che si può afferrare stimola la simulazione dell'atto motorio suggerito dall'oggetto. Da ciò discende che lo stesso neurone non codifica soltanto l'esecuzione motoria, ma reagisce anche a caratteristiche visive che la stimolano, persino in assenza di un movimento esplicito.

Confermando i dati sui neuroni canonici nei macachi, gli esperimenti di imaging encefalico negli esseri umani hanno dimostrato che l'osservazione di oggetti manipolabili, come strumenti, frutta, ortaggi, vestiti e persino organi sessuali, stimola l'attivazione della corteccia premotoria ventrale, un'area corticale normalmente associata al controllo dell'azione e non alla rappresentazione degli oggetti. Inoltre uno studio di risonanza magnetica funzionale sull'occlusione visiva dimostra un'attivazione sistematica della corteccia premotoria ventrale quando si osservano oggetti in sparizione, suggerendo così il ruolo cruciale della simulazione motoria per la permanenza visiva dell'oggetto.

Le particolari interazioni volontarie evocate dagli oggetti — ovvero, come si suppone che vengano manipolati e usati — costituiscono una parte sostanziale del loro contenuto rappresentativo, che siano o meno manufatti e a prescindere dalle loro differenze. Ecco perché la percezione di questi oggetti stimola l'attivazione di regioni motorie del cervello che controllano le nostre interazioni con gli oggetti stessi. Gli oggetti statici tridimensionali vengono identificati e rappresentati anche nella loro possibile interazione con un osservatore che è anche potenzialmente coinvolto dal punto di vista emotivo. Questo meccanismo di simulazione motoria, associato alla risonanza emotiva che suscita, come suggerito da Lipps, è probabilmente una componente cruciale dell'esperienza estetica legata alla rappresentazione artistica degli oggetti: persino una natura morta può essere “animata” dalla simulazione incarnata che evoca nel cervello dell'osservatore. Il ruolo di questo meccanismo neuronale nell'esperienza estetica diventa persino più evidente se si considerano emozioni e sensazioni.

Simulazione incarnata nell'esperienza estetica: emozione e sensazione — Le teorie storiche dell'espressione fisiognomica, come quelle elaborate da Charles Le Brun, elaborate a partire dal 1688, suggerivano correlazioni fra particolari espressioni facciali ed emozioni specifiche. Finora esse non sono state tenute nella considerazione che meritano. Nonostante l'opera di Paul Ekman sulle correlazioni fra emozione ed espressione fisiognomica, le tesi più antiche continuano a essere considerate prive di fondamento empirico. Eppure l'attuale ricerca neuroscientifica ha iniziato a rilevare le basi di queste correlazioni. Per esempio, le reazioni elettromiografiche nei muscoli facciali degli osservatori concordano con quelle coinvolte nelle espressioni facciali della persona osservata. L'integrità del sistema sensorio-motorio è cruciale per il riconoscimento delle emozioni manifestate dagli altri, perché aiuta a ricostruire cosa proveremmo nel caso di una particolare emozione, mediante la simulazione del relativo stato corporeo.

L'implicazione di questo processo nell'empatia dovrebbe essere ovvio. Un passo importante è stato compiuto grazie alla ricerca di Antonio Damasio e collaboratori sulle basi neuronali della relazione fra emozione e stati fisici che l'accompagnano. Damasio ha dimostrato come le sensazioni emotive ("feelings") — definite come consapevolezza cosciente delle emozioni — sono collegate alle mappe neuronali dello stato fisico corrispondente. Il suo circuito del "come se" ("as-if body loop") è riferito ai modi in cui una varietà di aree dell'encefalo reagisce assumendo lo stesso stato che avrebbero avuto se gli osservatori delle azioni e delle emozioni di altri fossero impegnati nelle stesse azioni o fossero soggetti alle condizioni che stavano osservando. Damasio ha ipotizzato anche che quando si osservano immagini che provocano reazioni forti come la paura, il corpo viene aggirato (in genere non ci mettiamo effettivamente a scappare via, anche se potremmo) e il cervello — in "modalità di simulazione" — riproduce gli stati somatici osservati o impliciti nel dipinto o nella scultura, "come se" il corpo fosse presente.

Questa prospettiva è in sintonia con la nostra proposta, che trae profitto dalla ricerca sui neuroni specchio e dalla spiegazione dell'empatia mediante la simulazione incarnata. Sono disponibili molte prove in merito all'attivazione dei medesimi circuiti emotivi sia negli spettatori che nelle persone osservate, in particolare per quanto riguarda le espressioni fisionomiche o che coinvolgono tutto il corpo (per esempio paura, disgusto e sofferenza). Questi risultati chiariscono i molti modi in cui gli spettatori afferrano precognitivamente emozioni che sono esplicitamente rappresentate oppure implicitamente suggerite dalle opere d'arte (nonché nelle immagini in generale). Lo stesso vale per la nostra percezione delle sensazioni degli altri, come quelle del tatto o di dolore.

Quando vediamo una parte del corpo di qualcuno carezzata o toccata, oppure due oggetti che si sfiorano, le nostre cortecce somatosensoriali vengono attivate come se il nostro corpo fosse sottoposto a stimolazione tattile. Le emozioni empatiche non possono più essere considerate semplice questione di intuizione, dato che possono essere localizzate con precisione nelle relative aree del cervello che vengono attivate sia nella persona osservata che nell'osservatore.

Questi dati costituiscono il substrato neuronale delle emozioni somatiche empatiche in risposta a rappresentazioni di figure che toccano o arrecano danno ad altre, come nel caso dei *Disastri della guerra* di Goya, già menzionati in precedenza. Anche la simulazione empatica dell'emozione somatica evocata da un'immagine in cui viene mostrata la carne che cede alla pressione del tatto rientra nelle reazioni estetiche a opere come *L'incredulità di San Tommaso* del Caravaggio.

Insieme alle scoperte empiriche passate in rassegna nei precedenti paragrafi, questi risultati ci consentono di chiarire tre delle forme principali di reazione alle immagini visive finora rimaste prive di spiegazione: 1. Il sentimento di coinvolgimento fisico con gesti, movimenti e intenzioni altrui; 2. l'identificazione delle emozioni osservate negli altri; 3. il sentimento di empatia con le sensazioni fisiche. Ma vi è anche una quarta possibilità, suggerita dalla scoperta dei neuroni specchio e dalla teoria della simulazione incarnata, che sembra fornire la prova del loro ruolo in reazioni specificamente estetiche. Essa scaturisce dalla considerazione delle qualità formali di un'opera e dall'osservazione di tracce gestuali dell'artista.

Simulazione incarnata e gesto implicito: percepire il movimento dietro il segno — In risposta a un'ampia serie di opere non figurative o figurative, in cui i segni degli strumenti dell'esecutore sono particolarmente chiari, gli osservatori spesso avvertono una specie di reazione somatica in reazione alla manipolazione vigorosa del medium artistico e, più in generale, all'evidenza visiva del movimento della mano dell'artista. Queste tesi gettano una

notevole luce sull'esperienza estetica, perché essa viene separata da ogni specie di imitazione esplicita di un movimento o gesto realisticamente ritratto, per essere piuttosto riferita a ciò che è implicito nel gesto o movimento estetico del creatore.

Ipotizziamo che persino i gesti dell'artista, nella produzione dell'opera d'arte, inducono il coinvolgimento empatico dell'osservatore, attivando la simulazione del programma motorio che corrisponde al gesto evocato nel segno artistico. I segni sul dipinto o sulla scultura sono le tracce visibili dei movimenti diretti verso un obiettivo, per cui sono in grado di attivare le corrispondenti aree motorie nel cervello dell'osservatore. Nonostante l'assenza di esperimenti documentati in questo ambito, la ricerca sui neuroni specchio offre sufficienti prove empiriche che supportano queste ipotesi.

Vari studi dimostrano che la simulazione motoria può essere stimolata nel cervello quando si osserva il manufatto grafico statico prodotto dall'azione, come una lettera o una pennellata. Knoblich *et al.* hanno dimostrato che l'osservazione di un segno grafico statico evoca una simulazione motoria del gesto necessario a produrlo. Recenti esperimenti di imaging cerebrale hanno confermato questi risultati e localizzato le loro basi anatomiche. Utilizzando la risonanza magnetica funzionale, Longcamp *et al.* hanno dimostrato che la presentazione visiva dei segni grafici delle lettere attivava un settore della corteccia premotoria sinistra che veniva coinvolto anche quando i partecipanti scrivevano le lettere. Questa doppia attivazione veniva lateralizzata nell'emisfero sinistro nei partecipanti destrimani e nell'emisfero destro nei mancini. Precedenti studi hanno dimostrato che oscillazioni entro la banda dei 20 Hz vengono soppresse sia dall'esecuzione che dall'osservazione dell'azione. Longcamp *et al.* hanno studiato la modulazione di oscillazioni di 20 Hz nella rappresentazione della mano nella corteccia motoria primaria durante l'osservazione di lettere. Ciò ha rivelato una soppressione delle oscillazioni sia durante i movimenti della mano che durante l'osservazione di lettere statiche. L'effetto di modulazione era più evidente nell'osservazione di lettere scritte a mano che di lettere stampate.

Tutte queste prove dimostrano che i nostri cervelli possono ricostruire le azioni, semplicemente osservando il risultato grafico statico di un'azione passata compiuta da un soggetto. Questo processo ricostruttivo durante l'osservazione è un meccanismo di simulazione incarnata che si basa sull'attivazione degli stessi centri motori necessari a produrre il segno grafico. Immaginiamo che risultati analoghi possano essere ottenuti utilizzando come stimoli opere d'arte caratterizzate da particolari tracce gestuali dell'artista, come in Fontana e Pollock.

Conclusioni — Le reazioni empatiche automatiche costituiscono un livello basico di reazione alle immagini e alle opere d'arte. Implicito in queste reazioni è il processo di simulazione incarnata che consente la comprensione esperienziale diretta dei contenuti intenzionali ed emotivi delle immagini. Questo livello fondamentale di reazione alle immagini diviene essenziale per comprendere la loro efficacia artistica. I fattori contestuali, storici e culturali non sono in contraddizione con l'importanza di considerare i processi neuronali che si determinano nella comprensione empatica di opere d'arte visiva.

Ovviamente si può discutere su quanto le reazioni empatiche alle azioni della vita reale si differenziano dalle reazioni alle azioni rappresentate in dipinti e sculture. Potrà essere materia per ulteriori ricerche. Nel caso dell'arte figurativa, si potrebbe ipotizzare che è la perizia consapevole e/o inconscia dell'artista a evocare una reazione empatica che influenza in modo più diretto il quoziente estetico dell'opera. La nostra analisi delle reazioni empatiche a gesti e movimenti impliciti dietro ai segni pittorici o scultorei

suggerisce l'importanza dei neuroni specchio per comprendere le reazioni estetiche agli aspetti formali di un'opera³⁷⁸.

The Sense of Touch. Embodied Simulation in a Visuotactile Mirroring Mechanism for Observed Animate or Inanimate Touch

Sjoerd J. H. Ebisch, Mauro G. Perrucci, Antonio Ferretti, Cosimo Del Gratta, Gian Luca Romani, Vittorio Gallese, *The Sense of Touch. Embodied Simulation in a Visuotactile Mirroring Mechanism for Observed Animate or Inanimate Touch*, in "Journal of Cognitive Neuroscience", n. 20, 2008.

Abstract — Previous studies have shown a shared neural circuitry in the somatosensory cortices for the experience of one's own body being touched and the sight of intentional touch. Using functional magnetic resonance imaging (fMRI), the present study aimed to elucidate whether the activation of a visuotactile mirroring mechanism during touch observation applies to the sight of *any* touch, that is, whether it is independent of the intentionality of observed touching agent. During fMRI scanning, healthy participants viewed video clips depicting a touch that was intentional or accidental, and occurring between animate or inanimate objects. Analyses showed equal overlapping activation for all the touch observation conditions and the experience of one's own body being touched in the bilateral secondary somatosensory cortex (SII), left inferior parietal lobule (IPL)/supramarginal gyrus, bilateral temporal–occipital junction, and left precentral gyrus. A significant difference between the sight of an intentional touch, compared to an accidental touch, was found in the left primary somatosensory cortex (SI/ Brodmann's area [BA] 2). Interestingly, activation in SI/BA 2 significantly correlated with the degree of intentionality of the observed touch stimuli as rated by participants. Our findings show that activation of a visuotactile mirroring mechanism for touch observation might underpin an abstract notion of touch, whereas activation in SI might reflect a human tendency to "resonate" more with a present or assumed intentional touching agent.

Introduction — The observation of touch is an ordinary and relevant occurrence in a variety of everyday situations, ranging from social interactions to natural events. For instance, we witness a person touching the hand of another person, or a tree branch moved by the wind touching a window. However, although an observed touch often has a meaningful content, the neural mechanism underlying the activation of the *meaning of touch* is poorly understood. The present study aims to elucidate how the human brain maps the occurrence of an observed touch, and more specifically, to which degree the observation of touch can be grounded in the activation of the brain areas underpinning our own tactile experiences.

Current neuroscientific models of embodied simulation propose that the same neural structures involved in our own body-related experiences also contribute to the conceptualization of what we observe in the world around us (Gallese, 2005, 2006; Gallese & Lakoff, 2005). Extensive empirical evidence for a shared neural circuitry in the sensory–motor system for first- and third-person experiences in humans and primates in the domains of actions (e.g., Aziz-Zadeh, Wilson, Rizzolatti, & Iacoboni, 2006; Ferrari, Rozzi,

³⁷⁸ Vittorio Gallese, *Embodied simulation: From neurons to phenomenal experience*, in "Phenomenology and the Cognitive Sciences", Vol.4, 2005, pp. 23-48.

& Fogassi, 2005; Fogassi et al., 2005; Buccino et al., 2001, 2004; Kohler et al., 2002; Umiltà et al., 2001; Iacoboni et al., 1999; Gallese, Fadiga, Fogassi, & Rizzolatti, 1996; Rizzolatti, Fadiga, Gallese, & Fogassi, 1996), emotion (Carr, Iacoboni, Dubeau, Mazziotta, & Lenzi, 2003; Wicker et al., 2003), and pain (Saarela et al., 2007; Avenanti, Paluello, Bufalari, & Aglioti, 2006; Avenanti, Bueti, Galati, & Aglioti, 2005; Botvinick et al., 2005; Jackson, Meltzoff, & Decety, 2005; Singer & Frith, 2005; Morrison, Lloyd, di Pellegrino, & Roberts, 2004; Singer et al., 2004) supports this idea of understanding in terms of the way we function with our bodies in the world (for recent reviews, see Iacoboni & Dapretto, 2006; Gallese, 2005; Gallese, Keysers, & Rizzolatti, 2004; Rizzolatti & Craighero, 2004; Rizzolatti, Fogassi, & Gallese, 2001; Rizzolatti & Luppino, 2001).

The tactile dimension (i.e., touch) plays a peculiar role in our interaction with the external world. As the German philosopher Edmund Husserl wrote, everything we see, we simultaneously also see it as a tactile object, as something which is directly related to the alive body (Husserl, 1989). Also, linguistic expressions, like “let’s keep in touch,” figuratively expressing the wish of being related or in contact with someone, indicate a fundamental role of the tactile dimension for social cognition (Gallese, 2005, 2006). Interestingly, the same notion of touch is normally employed when we use language to describe contact between inanimate objects.

Recently, functional neuroimaging studies reported automatic activation of a shared neural circuitry in the somatosensory cortices, which is normally involved in our experience of touch, during the observation of another person being touched (Blakemore, Bristow, Bird, Frith, & Ward, 2005; Keysers et al., 2004). Moreover, Keysers et al. (2004) demonstrated that activation of this shared mechanism for touch also occurred for the sight of an object being touched. Thus, in order to activate a shared neural circuitry for touch by vision, it does not matter what is being touched (animate or inanimate) as long as touch occurs. Furthermore, such activation is independent of whether the touch is seen from a first- person or third-person perspective, that is, how easily it can be integrated in one’s own body scheme. In addition to the domains of action, emotion, and pain, these findings suggest the existence of a visuotactile mirroring mechanism, and that the understanding of an observed touch, even of an object known to be devoid of any inner life, could be mediated by embodied simulation (Gallese, 2005, 2006).

However, the touch stimuli presented by Blakemore et al. (2005) and Keysers et al. (2004) were always intentional because, in both studies, participants saw human body parts or inanimate objects being touched either by a human hand or by an object intentionally moved by a human agent. Therefore, it is still an open issue whether activation of a mirroring mechanism for touch applies to the sight of *any* touch, or whether it is restricted to the domain of intentional touch. In contrast to actions and emotions, touch is not restricted to the social domain and to motor behavior. As already mentioned, we can also witness touch in nature — for instance, when two tree branches touch each other. What neural mechanism brings about the understanding in terms of “touch” of such an event without any human involvement? It might be that in similar events an abstract notion of touch is processed by the brain in a way fundamentally different from when processing a touch intended by another human being. For example, according to an abstract cognitive account, visual processing of a stimulus is followed by an amodal cognitive evaluation of what this stimulus means.

Alternatively, models of embodied simulation suggest that activation of a visuotactile mirroring mechanism could ground the perception of touch, including the perception of nonintentional contact, where the touching agent is accidentally moved by an external

nonbiological force. In that case, the same mirroring/simulation principles would apply to the sight of any touch. Embodied simulation processes in a visuotactile mirroring mechanism could therefore support the activation of an “abstract” notion of touch, building on the neural mechanisms for interpreting actual touch even for inanimate contact, where abstraction is the prelinguistic outcome of a polymodal integration mechanism.

To address this question, the present functional magnetic resonance imaging (fMRI) study investigated whether the activation of a visuotactile mirroring mechanism during touch observation applies to the sight of any touch, that is, whether it is independent of the intentionality of the observed *touching* stimulus. During fMRI scanning, healthy participants viewed video clips depicting a touch that was intentional or accidental, and occurring between animate or inanimate objects. Additionally, the brain areas involved in one’s own experience of touch were localized by means of tactile stimulation of the participants’ hands. Our findings show that activation of a visuotactile mirroring mechanism in the secondary somatosensory cortex (SII) during touch observation applies to the sight of *any* touch, thus likely contributing to our capacity of entertaining an abstract notion of touch (Gallese, 2005; Gallese et al., 2005).

Methods — Participants. Fifteen young adult participants were included in the present study, out of which eight were men and seven were women (range = 19–27 years of age). All participants were healthy, right-handed (Edinburgh Handedness Inventory score > 0.85) university students with normal vision capabilities (correction < 0.75). Written informed consent was obtained from all participants after full explanation of the procedure of the study, in line with the Declaration of Helsinki. The experimental protocol was approved by the local institutional ethics committee. The participants were given a recompense for participating in the fMRI experiment.

fMRI Data Acquisition. For each subject, blood oxygenation level-dependent (BOLD) contrast functional imaging was performed with a Siemens Magnetom Vision scanner at the Institute of Advanced Biomedical Technologies (Chieti) at 1.5 T by T2*-weighted echo-planar imaging (EPI) free induction decay (FID) sequences with the following parameters: TR = 2700 msec, TE = 60 msec, matrix size 64 x 64, FOV = 256 mm, in-plane voxel size = 4 x 4 mm, flip angle = 90°, slice thickness = 4 mm, and no gap. A standard head coil was used and the subject’s head was fixed with foam pads to reduce involuntary movement. Functional volumes consisted of 23 transaxial slices. For each run, a mean number of 111 volumes was acquired.

A high-resolution structural volume was acquired at the end of the session via a 3-D MP-RAGE sequence with the following features: sagittal, matrix 256 x 256, FoV 256 mm, slice thickness 1 mm, no gap, in-plane voxel size 1 x 1mm, flip angle 12°, TR = 9.7 msec, TE = 4 msec.

Stimuli and Conditions. Twelve visual runs and one tactile run were acquired for each subject. Stimuli in the visual runs were 384 randomized video clips of 2700 msec each, representing a touch event according to one of four experimental conditions. In the intentional-animate (INT-ANI) condition, either a male hand touched the back of a female hand or a female hand touched the back of a male hand. In the intentional-inanimate (INT-INA) condition, either a male or a female hand touched the arm of a wooden garden chair. In the accidental-animate (ACC-ANI) condition, the back of either a male or female hand was touched by one of two different wind-moved palm tree branches. In the accidental-inanimate (ACC-INA) condition, the arm of a wooden garden chair was touched by one of two different wind-moved palm tree branches. The person

and the chair were touched on their right side in half of the video clips and on their left side in the other half. The chair and the actors in the video clips were seen from a frontal point of view. To exclude effects of the perception of a face and facial expressions, the actors being touched in the video clips were visible only from the knees to the chest. The male and female actors wore a white T-shirt and beige trousers or skirt, respectively. Of the touching actor, only an uncovered arm and the hand were visible. In addition to the touch video clips, 48 nontouch video clips were randomly inserted in the visual runs, showing either a hand or palm tree branch moving near the other person or chair, but without touching them. The video clips were separated by a fixation cross at the center of the screen. The video clips were presented on a screen behind the scanner with a beamer. Participants could see the screen clearly through a mirror placed above their eyes. Examples of the visual stimuli are shown in Figure 1.

A tactile run was added to the experiment in order to determine overlap of neural activation between the sight and experience of touch. During the tactile run, the experimenter entered the scanning room and stimulated the back of either the right or the left hand by means of brushing with a soft brush. Brushing frequency was approximately 1 Hz.

Experimental Procedure. Prior to scanning, it was explained to the participants that they were randomly shown short video clips with a different content in 12 separated runs of approximately 5 min each. They were told that in the video clips they would see a hand touching another hand, a hand touching a chair, a wind-moved palm tree branch touching a hand, or a wind-moved palm tree branch touching a chair, and that in a few video clips with similar movements the touch would be absent. Participants were instructed to watch these video clips attentively, and to count the number of nontouch video clips in every run. They had to report the counted number verbally to the experimenter during the break between two runs (mean = 4/run). The nontouch trials were not included in the statistical analyses, but this task was added to direct the participants' attention implicitly to the touch during the experiment. In a recent study, Keysers et al. (2004) demonstrated thoroughly that SII activation is specific for the observation of touch stimuli and does not occur for visual stimuli with similar content and movements not leading to touch.

The experimental design of the visual runs was a rapid event-related fMRI design alternating a state of stimulation (video clips) of 2700 msec (one TR) with a baseline state (fixation cross) of 2700, 5400, or 8100 msec (corresponding to one to three TRs) (see Figure 1; Ollinger, Corbetta, & Shulman, 2001; Ollinger, Shulman, & Corbetta, 2001). The three baseline durations were presented randomly with a linear distribution (i.e., to each duration was assigned the same probability). All 12 visual runs consisted of 36 video clips and a mean intertrial interval of 5400 msec.

During the tactile run, participants were instructed to close their eyes and concentrate on the stimulation of their hands. The tactile run was a blocked-design fMRI study alternating a state of stimulation (brushing of the hands) of 15 sec with a baseline state (rest) of the same duration. In total, there were 20 randomized stimulation blocks: 10 blocks for the right hand and 10 blocks for the left hand.

During debriefing, participants were asked to rate the degree of intentionality, judging the degree to which the tactile stimulus was caused by a human agent depicted by the video clips. The ratings were made on a 0 to 10 scale where 0 referred to completely accidental, and 10 to completely intentional.

Data Analyses. Raw data were analyzed with the Brain Voyager QX 1.7 software (Brain Innovation, Maastricht, The Netherlands). Due to T1 saturation effects, the first three scans of each run were discarded from the analysis. Preprocessing of functional data included slice scan time correction, motion correction, and removal of linear trends from voxel time series. No temporal smoothing was used in the current analyses. A three-dimensional motion correction was performed with a rigid-body transformation to match each functional volume to the reference volume (the fourth volume) estimating three translation and three rotation parameters. Preprocessed functional volumes of a participant were coregistered with the corresponding structural dataset. As the 2-D functional and 3-D structural measurements were acquired in the same session, the coregistration transformation was determined using the Siemens slice position parameters of the functional images and the position parameters of the structural volume.

Structural and functional volumes were transformed into the Talairach and Tournoux (1988) space using a piecewise affine and continuous transformation. Functional volumes were resampled at a voxel size of 3 x 3 x 3 mm. In the single-subject analyses, no spatial smoothing was applied.

Because in a rapid event-related fMRI paradigm the hemodynamic responses to the closely spaced events will partially overlap, the visual runs were modeled by means of the deconvolution approach (e.g., Hinrichs *et al.*, 2000). This approach is characterized by estimating the actual BOLD response to each condition without relying on the convolution of a canonical response function with a boxcar model of the stimulus presentation sequence.

For the block design tactile condition, a boxcar waveform representing the rest and task conditions was convolved with an empirically based hemodynamic response function to account for the hemodynamic delay (Boynton, Engel, Glover, & Heeger, 1996).

Prior to statistical analysis calculation, a percent signal change normalization of the time series from the different runs was performed.

Statistical maps were thresholded at $p < .001$ at the voxel level, and a cluster size of at least five voxels was required. This p value and an estimate of the spatial correlation of voxels were used as input in a Monte Carlo simulation to access the overall significance level (Cox, 1996; Forman *et al.*, 1995). In this way, a significance level of $p < .05$ corrected for multiple comparisons was obtained.

In order to determine overlap of activation between observation of touch conditions and the tactile stimulation condition, conjunction analysis was used, based on the minimum statistic compared to the conjunction null (Nichols, Brett, Andersson, Wager, & Poline, 2005). This method controls the false-positive error for conjunction inference and tests for common activations by creating the intersection of statistical maps thresholded at a specific alpha rate.

The parameters (beta values) estimated in individual subject analysis were entered in a second-level voxelwise random effect group analysis in order to search for activated areas that were consistent for the whole group of participants. Statistical significance was assessed by means of paired t tests. In this group analysis, a spatial smoothing with a Gaussian kernel of 6 mm full-width half-maximum was applied to functional images to account for intersubject variability.

Results — Participants' intentionality ratings showed a significant difference ($F = 40.657$, $p < .001$) between the ratings for the video clips in the intentional condition (mean = 9.06, $SD = 1.12$) and the video clips in the accidental conditions (mean = 5.35, $SD = 1.88$).

Brain areas activated by the vision of touch conditions (vision of touch vs. baseline) comprise the bilateral superior parietal cortex/intraparietal sulcus, the precentral gyrus (Brodmann's area [BA] 6), extrastriate cortices, the medial and lateral occipital lobe, the posterior fusiform, the lateral temporal–occipital cortex (including MT/ V5 [Pelphrey, Morris, Michelich, Allison, & McCarthy, 2005; Orban et al., 1995] and extrastriate body area [Urgesi, Candidi, Ionta, & Aglioti, 2007; Downing, Jiang, Shuman, & Kanwisher, 2001]), the postcentral gyrus/SII, and the left hemisphere (LH) postcentral sulcus/inferior parietal lobule (IPL) and thalamus.

Stimulation of the participants' hands (tactile stimulation right hand vs. baseline, and left hand vs. baseline) activated the bilateral postcentral gyrus, including the primary somatosensory cortex (SI) and SII, the postcentral sulcus/IPL, the lateral precentral gyrus (BA 6), the posterior insula, the lateral temporal–occipital cortex (including MT/V5), the superior parietal/intraparietal cortex, and the left hemisphere thalamus. Activation was found for contralateral tactile stimulation, except in the temporal–occipital region, which responded mainly to ipsilateral stimulation.

Significant overlap for tactile stimulation and the vision of touch (conjunction between observation of touch vs. baseline, and tactile stimulation right/left hand vs. baseline) was found in the bilateral postcentral gyrus, including SII, the bilateral temporal–occipital junction, and the left hemisphere precentral gyrus (dorsal part of the left ventral premotor cortex; PMv/BA 6). The latter was found only when all the different touch observation conditions were pooled together. Left hemisphere SII activation extended from $y = -18$ to $y = -40$, and dorsally onto the IPL/supramarginal gyrus. A relatively smaller cluster of overlapping activation was found in the right postcentral gyrus, corresponding to SII. Figure 2 shows group statistical maps of overlapping activation. Figure 3 shows the mean BOLD responses in the left SII cluster. Results were similar for the other hemisphere. Significant overlapping activation in the bilateral postcentral gyrus/SII was also found in most single subjects.

The reported overlapping activation was also found for all the touch observation conditions separated (INT-ANI, INT-INA, ACC-ANI, ACC-INA), except for the left precentral gyrus (see Table 1, Figure 4). No differences, or trends toward differences, were found in overlapping visuotactile areas for the contrasts between the sight of an animate and an inanimate touch [(INT-ANI vs. INT-INA) and (ACC-ANI vs. ACC-INA)], between the sight of an intentional touch to a human and the other conditions [(INT-ANI vs. INT-INA) > (ACC-ANI vs. ACC-INA)], or between the sight of a person's hand (animate) or object (chair; inanimate) being touched on the right or left side (see Table 1, Figure 3).

However, significantly increased activation for the observation of an intentional touch, compared to an accidental touch [conjunction between the observation of an intentional (INT) vs. accidental touch (ACC), and tactile stimulation right + left hand vs. baseline], was found in the left lateral posterior primary somatosensory cortex (SI), corresponding to BA 2 ($x = -58$, $y = -22$, $z = 43$; see Figure 5 and Table 2). Conjunction analysis confirmed that this region was also significantly activated for tactile stimulation of the participants' hands. Conjunction analyses with the touch observation conditions separated or pooled together did not show overlapping activation in this region between the experience and sight of touch. However, conjunction analysis between the observation

of an intentional touch (INT-ANI + INT-INA) and tactile stimulation demonstrated overlapping activation in this region.

Activation in the left SI, but not in the other areas, correlated significantly with the degree of intentionality of the different video clips as rated by the participants ($r = .28, p < .004$). This correlation was also present within the accidental conditions ($r = .35, p < .011$; see Figure 5).

Discussion — A Shared Neural Circuitry for Touch in SII. Using fMRI, the present study aimed at elucidating whether the activation of a visuotactile mirroring mechanism applies to the sight of *any* touch, that is, whether activation in the somatosensory cortices is independent of the intentionality of observed touch stimuli. Results showed equal overlapping activation for touch experience and the different touch observation conditions in the bilateral postcentral gyrus (including SII and extending to the left IPL). This overlapping activation was independent of the intentionality of the observed touch stimuli, whether the touch was animate or inanimate, and whether an observed person or object was touched on the right or left side.

The overlapping activation in the bilateral postcentral gyrus for tactile hand stimulation and observation of a human hand/arm of a chair being touched corresponds well to the location of SII (e.g., Polonara, Fabri, Manzoni, & Salvolini, 1999; Burton, Videen, & Raichle, 1993; Penfield & Rasmussen, 1950; Woolsey, 1943, 1944), and matches the approximate location of the hand region of SII (e.g., Ferretti et al., 2003; Ruben et al., 2001; Del Gratta et al., 2000; Disbrow, Roberts, & Krubitzer, 2000).

The function of SII is associated with higher order somatosensory functions (Servos, Lederman, Wilson, & Gati, 2001; Caselli, 1993; Garcha & Ettliger, 1980). Subsequent studies suggested that SII is also involved in the polymodal integration of somatosensory information with associated information from the other senses (Avikainen, Forss, & Hari, 2002; Bremmer et al., 2001; Carlsson, Petrovic, Skare, Petersson, & Ingvar, 2000).

Finally, recent functional neuroimaging studies demonstrated activation of a region of SII when participants observed another person or an object being touched, as well as when they were touched themselves (Blakemore et al., 2005; Keysers et al., 2004). This overlapping activation was specific for the observation of touch, and was not found for the sight of similar stimuli with movements not leading to touch (Keysers et al., 2004). The current results are in line with these findings by showing overlapping activation in SII for tactile experiences and the sight of touch, and with the study of Keysers et al. (2004) by showing similar activation of a mirroring mechanism for touch during the sight of an animate and inanimate touch. With respect to the location of overlap, this is largely in agreement with the overlapping activation found by previous studies. The novelty of the present results consists in the demonstration that the activation of a visuotactile mirroring mechanism is independent of the intentionality of the observed touch, and thus, applies to the sight of *any* touch.

Let us now examine the differences with these previous studies. First, whereas group analyses here showed overlapping activation in bilateral SII, Keysers et al. (2004) found, by means of group analyses, overlapping activation for tactile stimulation of the legs, and observation of legs and objects being touched only in the left SII. Single-subject analyses showed overlapping activation in the right SII in half of the subjects.

Second, Blakemore et al. (2005) found overlapping activation for tactile stimulation of the face and the sight of a face being touched (compared to a touch of the neck) in the right

SI, and activation in the right SII and SI during the observation of the touch of a human, compared to the observation of an object being touched. In the current study, a trend was observed for overlapping activation in left SI/BA 2; significant overlapping activation in SI, though, was only found when the *intentional* touch observation conditions, animate and inanimate, were pooled together. Accordingly, the observed touch in the study of Blakemore et al. was always intentional. With respect to the increased activation in SI for an animate touch (the face) in their study, Blakemore et al. proposed that the presence of a human face in their videos might have evoked stronger somatosensory activation than the sight of other body parts, like the neck (Blakemore et al., 2005), or legs (Keysers et al., 2004). A similar explanation might apply to the observed touched hands of the present study. Furthermore, the use of the contrast between a face and a neck being touched might have excluded an effect in SII, but not in SI, given that SI contains a clearer somatotopic differentiation than SII (e.g., Ruben et al., 2001). Hence, although the current results suggest that intentionality is the key determinant for activating SI, it might be that SI activation during the sight of an intentional touch can be modulated by multiple factors. Future research should investigate possible modulating factors such as body part sensitivity, social relevance, and the somatotopic organization in SI.

Third, whereas in the study of Keysers et al. (2004) participants passively watched touch stimuli, and in the study of Blakemore et al. (2005) they rated the intensity of the observed touch, in the present study participants were instructed to count the nontouch stimuli. Therefore, their attention was directed specifically, but implicitly, to the touch. However, it is unlikely that SII would be selectively activated by a task/attentional effect for two reasons. The activation of a shared neural circuitry in the somatosensory cortices in the current study is consistent with the results of previous studies (Blakemore et al., 2005; Keysers et al., 2004), and the task to count the nontouch trials would suggest that the nontouch trials were the relevant stimuli for the participants.

One might argue that, given the event-related design, and the visual similarities between the stimuli from the different conditions, the current activation in SII during the observation of an inanimate touch might be driven by a carryover effect from the observation of an animate touch seen at some other point in the run. However, this is unlikely, because, in a previous article (Keysers et al., 2004), participants watched legs and objects touched by an object (a rod) in separate blocks. Nevertheless, both touch observation conditions were effective in activating SII, despite the use of a block design. One may still argue that the SII activation in Keysers et al. (2004) could be due to the anthropomorphizing of an intentionally moved object because the inanimate touch in that study was carried out by an object that was clearly moved by an intentional agent. Indeed, this alternative interpretation motivated the present experiment. The results, however, fail to support this hypothesis.

Overlapping activation in SII during the sight of two objects touching each other might reflect a multisensory, spatio-temporal representation of contact, rather than touch. However, this interpretation seems implausible, given that this very same area is essentially involved in somatosensory perception. Moreover, the participants were not able to see their hand being contacted in the tactile run, excluding the possibility that overlapping activation in this area merely reflects visual processing. Therefore, overlapping activation occurring within a tactile area is likely to correspond to a representation beyond a visual mapping of contact. Rather, the results suggest the activation of a somatosensory representation very similar to that of our own body being touched, even when the contact is accidental and inanimate.

Finally, it could be argued that activation in SII during the observation of touch may reflect an effect of volitional mental imagery. However, the participants were not explicitly instructed to imagine the impact of the observed touch, neither on the observed person or object nor on their own body. Indeed, none of the participants declared at debriefing to have explicitly imagined the observed touch, and the high significance of SII activation in a random effect analysis suggests that the activation was systematic enough over the sample to exclude a possible effect of occasional voluntary mental imagery.

For these reasons, in line with previous studies (Blakemore et al., 2005; Keysers et al., 2004), it seems plausible that the activation in SII during the sight of any touch reported here reflects an automatic tendency to activate brain areas involved in the processing of our own experience of touch. This automatic activation is similar to the activation of the Mirror Neuron System (MNS) during the observation of actions and emotions, and might indicate involvement of implicit embodied simulation processes (e.g., Iacoboni & Dapretto, 2006; Gallese, 2005; Rizzolatti & Craighero, 2004; Gallese et al., 1996; Rizzolatti et al., 1996).

Shared Activation in Other Areas — Additional overlapping activation for the sight and experience of touch was found in three other regions. First, overlapping activation was found in the left IPL/ supramarginal gyrus. This region is the supposed homologue of the monkey area 7b (e.g., Ruben et al., 2001), containing neurons that respond to somatosensory stimulation (Hyvarinen, 1982; Robinson & Burton, 1980). The current activation in this region during tactile stimulation of the hands is therefore consistent with these studies, and extends them by demonstrating that this area also responds to visual stimuli depicting touch.

Second, overlapping activation was found at the temporal–occipital junction (area MT/V5). This region is known to respond to visual perception of (biological) motion stimuli (Pelphrey et al., 2005; Orban et al., 1995), suggesting that this activation is not specific to the sight of touch but could be related to the perception of motion in the stimuli. Consistent with previous findings (Hagen et al., 2002), the current overlapping of activation suggest that MT/V5 activation is not restricted to visual input, but can be elicited by tactile motion perception, too.

Third, overlapping activation was found in the left precentral gyrus (dorsal PMv/BA 6), when all the touch observation conditions were pooled together. In accordance with previous studies reporting a polysensory function in monkey and human dorsal PMv (Bremmer et al., 2001; Graziano & Gandhi, 2000; Fogassi et al., 1996), this activation during visual as well as tactile perception of touch might reflect polymodal motion processing.

SI and Intentionality — Interestingly, a significant difference between the sight of intentional touch (by a human hand), compared to accidental touch (by a tree branch), was found in the left SI/BA 2. Activation in this area significantly correlated with the degree of intentionality of the observed touch stimuli as rated by the participants.

Human SI is located in the postcentral gyrus and has classically been considered as purely involved in the personal perception of somatic sensations (e.g., Kaas, 1983; Vogt & Vogt, 1919; Brodmann, 1909). With respect to BA 2 in the posterior section of SI, it is known that in the monkey this area has reciprocal connections with somatosensory area 3b and the motor cortex, and receives proprioceptive information from deep receptors in muscles and joints (Gardner & Kandel, 2000; Yumiya & Ghez, 1984). BA 2 contains a bilateral

hand representation to a greater extent than other SI areas (Hlushchuk & Hari, 2006; Iwamura, Iriki, & Tanaka, 1994).

Zhou and Fuster (2000) found that monkeys' SI neurons responded also to visual stimuli, if these were previously associated with tactile experiences. In humans, neurophysiological studies found also that SI activity can be modulated by task-relevant visual input (Taylor-Clarke, Kennett, & Haggard, 2002), and the observation of a painful as well as nonpainful touch (Bufalari, Aprili, Avenanti, Di Russo, & Aglioti, 2007; Caetano, Jousmaki, & Hari, 2007; Schaefer, Flor, Heinze, & Rotte, 2006; Blakemore et al., 2005; Avikainen et al., 2002). The current activation in SI/BA 2 corresponds approximately to the SI activations reported by Schaefer et al. (2006) when the observer tended to attribute an observed touch to the self, and by Blakemore et al. (2005), in a case of vision–touch synesthesia during the observation of a hand touching a face. Also relevant to note is that activation of the observer's hand section of BA 2 has been reported during passive observation of flexion–extension movements of an experimenter's hand, indicating an associative function between vision and kinesthesia (Oouchida et al., 2004).

Considering these results, it can be argued that the current activation in BA 2 would reflect an associative visuo-kinesthetic function, evoked by the perception of human hand movements in the video clips. However, the significant correlation between activation in BA 2 and the degree of perceived intentionality, even within the accidental condition, suggests that this increased activation cannot be explained by visual differences in the stimulus characteristics per se. Rather, the activation in SI/BA 2 might reflect automatic simulation of proprioceptive aspects related to observed touch when intentionality is assumed by the observer. In the light of studies regarding the MNS, and its involvement in the understanding of others' intentions (Fogassi et al., 2005; Iacoboni et al., 2005), it can be speculated that observers tend to “resonate” more with an intentional agent, also when only assumed, than with a touched passive subject or an accidentally touching object. This would be consistent with theories regarding the MNS and its role in social cognition (e.g., Iacoboni et al., 2006; Gallese et al., 2004).

Conclusions — In the current experiment, overlapping activation was found in SII between the sight of either another person's hand or an object being touched, either by a hand or by a tree branch, and tactile stimulation of the participants' own hands.

The novelty of the present study is that the activation of such a visuotactile mirroring mechanism for touch in SII is independent of the intentionality of the observed touch stimuli. The same mirroring/simulation principles seem to apply to the observation of any touch. This mechanism might underpin the activation of an abstract notion of touch. It does not matter to which degree an observed touch is intentional or accidental, whether an observed touched object is animate or inanimate, or whether an observed person or object is touched on the right or left side; the sight of any touch evokes activation in a shared neural circuitry in the bilateral SII. Indeed, differently from other domains where a shared circuitry between first- and third-person experience has been demonstrated, like in the case of actions and emotions, the domain of touch appears not to be limited to the social world. Space around us is full of objects accidentally touching each other, that is, without any animate involvement. One could observe a pine cone falling on the garden bench in the park, or drips splashing on the leaves of a plant during a downpour. Models of embodied simulation posit that the same neural structures involved in our own body-related experiences contribute to the conceptualization of what we observe in the world around us (Gallese, 2005; Gallese & Lakoff, 2005). Extended to current results, simulation processes in a visuotactile mirroring mechanism may ground any perception of touch,

and as such, contribute to the representation of an abstract, but prelinguistic, notion of touch.

Increased activation in SI/BA 2 when an observed touch is perceived as more intentional by the observer might reflect simulation of the proprioceptive aspects related to an intentional touch, based on a human tendency to “resonate” more with an (assumed) intentional agent than an accidentally moving object³⁷⁹.

³⁷⁹ Sjoerd J. H. Ebisch, Mauro G. Perrucci, Antonio Ferretti, Cosimo Del Gratta, Gian Luca Romani, Vittorio Gallese, *The Sense of Touch. Embodied Simulation in a Visuotactile Mirroring Mechanism for Observed Animate or Inanimate Touch*, in “Journal of Cognitive Neuroscience”, n. 20, 2008.

Glossario

Per la stesura del glossario sono stati presi come riferimento:

Dale Purves, Roberto Cabeza, Scott A. Huettel, Kevin S. LaBar, Michael L. Platt, Marty G. Woldorff, *Neuroscienze cognitive*, seconda edizione, Zanichelli 2015, pp. 1-19 del Glossario.

Eric R. Kandel (a cura di), James H. Schwartz (a cura di), Thomas M. Jessell (a cura di), Stevan A. Siegelbaum (a cura di), A.J. Hudspeth (a cura di), *Principi di Neuroscienze*, quarta edizione italiana sulla quinta edizione inglese, Virgilio Perri (a cura di), Giuseppe Spidalieri (a cura di), Casa editrice Ambrosiana 2014.

Bulbo. Fa parte del tronco dell'encefalo; «comprende numerosi centri responsabili di alcune funzioni viscerali di importanza vitale come la digestione, il respiro e il controllo del ritmo cardiaco» (Kandel *et al.*, 2014).

Cellula nervosa. Vedi *neurone*.

Cellule della glia. Anche dette *neuroglia*. «Uno qualsiasi dei diversi tipi di cellule non nervose del sistema nervoso, sia periferico sia centrale, che svolgono una varietà di funzioni che non implicano direttamente la trasmissione del segnale» (Purves *et al.*, 2015).

Cervelletto. Parte del sistema nervoso centrale; «è localizzato dietro il ponte ed è connesso al tronco dell'encefalo mediante alcuni grandi fasci di fibre detti peduncoli. Il cervelletto modula la forza e l'ampiezza dei movimenti ed è implicato nell'apprendimento dei programmi di abilità motoria» (Kandel *et al.*, 2014).

Cervello. Il cervello costituisce l'organo principale del sistema nervoso centrale. «Contiene i due emisferi cerebrali, ciascuno dei quali comprende uno strato esterno fortemente convoluto (la *corteccia cerebrale*) e tre strutture localizzate in profondità: i *nuclei della base*, l'*ippocampo* e i *nuclei dell'amigdala*. La corteccia cerebrale è suddivisa in quattro lobi: frontale, parietale, occipitale e temporale. I nuclei della base prendono parte alla regolazione delle prestazioni motorie; l'ippocampo è in rapporto con alcuni aspetti della conservazione delle tracce mnemoniche, mentre i nuclei dell'amigdala coordinano le risposte endocrine e del sistema nervoso autonomo in rapporto con gli stati emotivi. Il cervello viene anche comunemente suddiviso in tre regioni più estese: il rombencefalo (che

comprende il bulbo, il ponte e il cervelletto), il mesencefalo e il telencefalo (che comprende il diencefalo e gli emisferi cerebrali). Il rombencefalo (escluso il cervelletto) e il mesencefalo comprendono le stesse strutture del tronco dell'encefalo» (Kandel *et al.*, 2014).

Corteccia cerebrale. «La materia grigia superficiale degli emisferi cerebrali» (Purves *et al.*, 2015). Cfr. *materia grigia*.

Diencefalo. Parte del sistema nervoso centrale; «è in posizione rostrale rispetto al mesencefalo e contiene due diverse strutture. La prima, il talamo, analizza la maggior parte delle informazioni che raggiungono la corteccia cerebrale provenendo dal resto del sistema nervoso. L'altra, l'ipotalamo, regola le funzioni del sistema nervoso autonomo, del sistema endocrino e le funzioni viscerali» (Kandel *et al.*, 2014).

Emozione. «Un insieme di risposte fisiologiche, di tendenze all'azione e di sensazioni soggettive che impegnano adattivamente gli esseri umani e gli altri animali a reagire agli eventi con significato biologico e/o individuale» (Purves *et al.*, 2015).

Materia bianca. «I grossi tratti assonici nel cervello e nel midollo spinale; questi tratti hanno un aspetto biancastro quando vengono visti nel materiale appena sezionato» (Purves *et al.*, 2015). Cfr. *materia grigia*.

Materia grigia. «Regioni del sistema nervoso centrale ricche di corpi cellulari neuronali; include le cortecce cerebrali e cerebellari, i nuclei del cervello e la porzione centrale del midollo spinale» (Purves *et al.*, 2015). Cfr. *materia bianca*.

Mesencefalo. Fa parte del tronco dell'encefalo; «sta rostralmente al ponte e controlla molte funzioni sensitive e motorie, compresi i movimenti oculari e la coordinazione dei riflessi visivi e uditivi» (Kandel *et al.*, 2014).

Midollo spinale. «Rappresenta la parte più caudale del sistema nervoso centrale, riceve e analizza le informazioni sensitive provenienti dalla cute, dalle articolazioni e dai muscoli degli arti e del tronco e controlla i movimenti degli arti e del tronco. È suddiviso in una regione cervicale, toracica, lombare e sacrale» (Kandel *et al.*, 2014).

Neurone. Anche detta *cellula nervosa*. «Una cellula specializzata per la conduzione e la trasmissione dei segnali elettrici nel sistema nervoso» (Purves *et al.*, 2015).

Neuroni specchio. «Un neurone della corteccia frontale e parietale che mostra risposte elettrofisiologiche simili per le proprie azioni e per l'osservazione delle stesse azioni eseguite da altri» (Purves *et al.*, 2015).

Ponte. Fa parte del tronco dell'encefalo; «trasporta informazioni relative al movimento che provengono dagli emisferi cerebrali e sono destinate al cervelletto» (Kandel *et al.*, 2014).

Sistema nervoso. Per sistema nervoso si intende la rete di *cellule nervose* in tutto il corpo. Si distingue tra *sistema nervoso centrale* e *sistema nervoso periferico*. Per sistema nervoso periferico si intende tutti i nervi e i neuroni che giacciono al di fuori del cervello e del midollo spinale; quando si parla di sistema nervoso centrale si intende il cervello e il midollo spinale (Purves *et al.*, 2015). Il sistema nervoso centrale può venir suddiviso in sette parti principali: *midollo spinale, bulbo, ponte, cervelletto, mesencefalo, diencefalo, emisfero cerebrale* (Kandel *et al.*, 2014).

Tronco dell'encefalo. Il tronco dell'encefalo fa parte del *sistema nervoso centrale* e comprende il *bulbo*, il *ponte* e il *mesencefalo*. «Riceve le informazioni sensitive che provengono dalla cute e dai muscoli del capo e provvede al controllo dei muscoli della testa. Nel tronco decorrono anche informazioni che provengono dal midollo spinale e proiettano al cervello e viceversa. Il tronco è anche deputato alla regolazione del livello di allerta e di consapevolezza attraverso le strutture della formazione reticolare. Il tronco dell'encefalo contiene anche numerosi raggruppamenti di cellule nervose che costituiscono i nuclei dei nervi cranici. Alcuni di questi nuclei ricevono informazioni dalla cute e dai muscoli del capo; altri provvedono al controllo motorio dei muscoli della faccia, del collo e degli occhi; altri ancora sono specializzati per l'analisi delle informazioni che provengono da tre organi di senso speciale: l'udito, il senso dell'equilibrio e il gusto» (Kandel *et al.*, 2014).

Bibliografia

Architettura

Antinucci 2014

Francesco Antinucci, *Comunicare nel museo*, Bari, Editori Laterza: Gius. Laterza & Figli, 2014.

Boyce - Hunter - Howlett 2003

Peter Boyce, Claudia Hunter, Owen Howlett, *The Benefits of Daylight through Windows*, in "Rensselaer Polytechnic Institute", Troy, 2003.

Dasen - Späth 2010

Véronique Dasen, Thomas Späth, *Children, Memory, and Family Identity in Roman Culture*, Oxford 2010.

Kelly 1952

Richard Kelly, *Lighting as an Integral Part of Architecture*, in "College Art Journal", Vol. 12 (1), 1952, pp. 24-30.

Thédenat 1886

Henri Thédenat, *Sur deux masques d'enfants de l'époque romaine, trouvés à Lyon et à Paris*, in "Bulletin Monumental", Vol. 52, 1886, pp. 121-142.

Minucciani 2012

Valeria Minucciani, *Pensare il Museo. Dai fondamenti teorici agli strumenti tecnici*, Rivoli, Casa Editrice Torinese, 2012.

Neutra 2010

Richard J. Neutra, *Progettare per sopravvivere*, Milano, Comunit, 1956.

Wölfflin 1886

Heinrich Wölfflin, *Prolegomena zu einer Psychologie der Architektur*, tesi di dottato, Universität München, 1886. Tradotto da Ludovica Scarpa, Davide Fornari, *Psicologia dell'architettura*, Milano, Etal, 2010.

Architettura e neuroscienze

ANFA 2016

ANFA Conference, *Connections: Bridgesynapses*, Salk Institute, 23-24/09/2016.

Arbib - Mallgrave - Pallasma 2013

Michael Arbib, Harry Francis Mallgrave, Juhani Pallasma, *Architecture and Neuroscience, Finlandia*, Tapio Wirkkala Rut Bryk Foundation, 2013.

Besenecker, Krueger, Bullough 2016

Ute C. Besenecker, Ted Krueger, John D. Bullough, *Exploring equivalent colors (metamers) under architectural-scale, full-field exposure conditions*, Conference: IES Color Research Symposium, Gaithersburg, 2016.

Canepa 2018-2019

Elisabetta Canepa, *Neurocosmi. La dimensione atmosferica tra architettura e neuroscienze*, Tesi di dottorato in Architettura e Design XXX Ciclo, Scuola Politecnica Università degli Studi di Genova, a.a. 2018-19.

Eberhard 2009

John P. Eberhard, *Applying Neuroscience to Architecture*, in "Cell press", Vol. Neuron 62, 25/06/2009, pp. 753-756.

Edelstein - Macagno 2012

Eve A. Edelstein, Eduardo Macagno, *Form Follows Function. Bridging Neuroscience and Architecture*, in *Sustainable Environmental Design in Architecture: Impacts on Health*, New York, Springer Publishing, 2012.

Gallese 2014

Vittorio Gallese, *Arte, Corpo, Cervello: per un'estetica sperimentale*, in "Micromega", 2/2014, pp. 49-67.

Gattara - Robinson - Ruzzon 2018

Alessandro Gattara, Sarah Robinson, Davide Ruzzon, (a cura di), *Intertwining: Unfolding Art and Science*, n. 1, Milano-Udine, Mimesis Edizioni, 2018.

Iacob 2019-2020

Ioana Beatrice Iacob, *Spazi sensibili. Museografia e neuroscienze*, Tesi di

Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città, Politecnico di Torino, a.a. 2019-2020.

Johns Hopkins Hospital 2017

Johns Hopkins Hospital, *Art + architecture as medicine*, in "ChildArt", Vol. 17 (51), luglio-settembre 2017, pp. 14-15.

Mallgrave 2005

Harry Francis Mallgrave, *L'empatia degli spazi. Architettura e neuroscienze*, a cura di Alessandro Gattara, Milano, Cortina Raffaello Editore, 2015.

Pallasma 2005

Juhani Pallasma, *The Eyes of the Skin. Architecture and the Senses*, Gran Bretagna, Wiley-Academy, 2005.

Pallasma - Robinson 2021

Juhani Pallasma, Sarah Robinson (a cura di), *La mente in architettura: Neuroscienze, incarnazione e il futuro del design*, trad. di Matteo Zambelli, Firenze, University Press, 2021.

Robinson 2014

Sarah Robinson, *Nesting. Fare il nido. Corpo, dimora, mente*, Safarà editore, 2014.

Ruzzon 2015

Davide Ruzzon, *ROOMS Space-Filled Voids*, in Conferenza stampa di presentazione, a cura di Vittorio

Gallese, Palazzo Badoer Università
IUAV Venezia 20 Ottobre 2015.

Ruzzon 2018

Davide Ruzzon, *Il corpo e l'architettura. L'emozione nei gesti e il mondo digitale*, conferenza in Faculty day 2018, TUNED, 2018.

Sitz 2015

Miriam Sitz, *New study seeks to bridge architecture and neuroscience*, in "Architectural record", Vol. 203 (12), 01/12/2015, p. 20.

Zeisel 2006

John Zeisel, *Inquiry By Design. Environment/Behavior/Neuroscience in Architecture, Interiors, Landscape, and Planning*, New York, W. W. Norton, 2006.

Neuroscienze e scienze cognitive

Bear - Connors - Paradiso 2016

Mark F. Bear, Barry W. Connors, Michael A. Paradiso, *Neuroscienze. Esplorando il cervello*, quarta edizione, Milano, Edra, 2016.

Biederman - Vessel 2006

Irving Biederman, Edward Vessel, *Perceptual Pleasure and the Brain*, in "American Scientist", Vol. 94, 2006, pp. 247-253. Consultabile online: <https://www.americanscientist.org/>

[article/perceptual-pleasure-and-the-brain.](#)

Caggiano - Casile - Fogassi - Giese - Rizzolatti - Thier 2017

Vittorio Caggiano, Antonino Casile, Leonardo Fogassi, Martin A. Giese, Giacomo Rizzolatti, Peter Thier, *Mirror neurons encode the subjective value of an observed action*, in "PNAS", Vol. 109 (29), 17/06/2017.

Caggiano - Casile - Fogassi - Rizzolatti - Thier 2009

Vittorio Caggiano, Antonino Casile, Leonardo Fogassi, Giacomo Rizzolatti, Peter Thier, *Mirror Neurons Differentially Encode the Peripersonal and Extrapersonal Space of Monkeys*, in "Science", Vol. 324, 17/04/2009, pp. 403-406.

Caruana - Gallese 2005

Fausto Caruana, Vittorio Gallese, *Sentire, esprimere, comprendere le emozioni: una nuova prospettiva neuroscientifica*, in "Sistemi intelligenti", 02/08/2011, pp. 223-234.

Craighero - Rizzolatti 2004

Laila Craighero, Giacomo Rizzolatti, *The Mirror-Neuron System*, in "Annual Review of Neuroscience", Vol. 27, 2004, pp. 169-192.

Damasio 1995

Antonio Damasio, *L'errore di Cartesio. Emozione, ragione e cervello umano*,

trad. di Filippo Macaluso, Adelphi edizioni, 1995.

Ebisch - Ferretti - Gallese - Del Gratta - Perrucci - Romani 2008
Sjoerd J. H. Ebisch, Antonio Ferretti, Vittorio Gallese, Cosimo Del Gratta, Mauro G. Perrucci, Gian Luca Romani, *The Sense of Touch. Embodied Simulation, in a Visuotactile Mirroring Mechanism for Observed Animate or Inanimate Touch*, in “Journal of Cognitive Neuroscience”, Vol. 20, 2008, pp. 1611–1623.

Fadiga - Fogassi - Gallese - di Pellegrino - Rizzolatti 1992
Luciano Fadiga, Leonardo Fogassi, Vittorio Gallese, Giuseppe di Pellegrino, Giacomo Rizzolatti, *Understanding motor events: a neurophysiological study*, in “Experimental Brain Research”, 1992, pp. 176-180.

Fadiga - Fogassi - Gallese - Rizzolatti 1997
Luciano Fadiga, Leonardo Fogassi, Vittorio Gallese, Giacomo Rizzolatti, *The Space Around Us*, in “Science”, Vol. 277, 11/07/1997, pp. 190-191.

Findlay - Kwan - Tatler - Velichkovsky - Wade 2010
John M Findlay, Hoi Kwan, Benjamin W. Tatler, Boris M. Velichkovsky, Nicholas J. Wade, *Yarbus, eye*

movements and vision, in “i-Perception”, Vol.1, 2010, pp. 7-27.

Freedberg - Gallese 2008
David Freedberg, Vittorio Gallese, *Motion, emotion and empathy in aesthetic experience*, in “Trends in Cognitive Sciences”, Vol. 11 (5), 01/05/2007, pp. 197-203. Trad. da Mariagrazia Pelaia, *Movimento, emozione, empatia: I fenomeni che si producono a livello corporeo osservando le opere d'arte*, in “Prometeo: Rivista trimestrale di scienze e storia”, anno 26, n. 103, 2008, pp. 52-89.

Gallese - Plailly - Royet - Rizzolatti - Keysers - Wicker 2003
Vittorio Gallese, Jane Plailly, Jean-Pierre Royet, Giacomo Rizzolatti, Christian Keysers, Bruno Wicker, *Both of Us Disgusted in My Insula: The Common Neural Basis of Seeing and Feeling Disgust*, in “Neuron”, by Cell Press, Vol. 40, 30/10/2003, pp. 655-664.

Gallese 2005
Vittorio Gallese, *Embodied simulation: From neurons to phenomenal experience*, in “Phenomenology and the Cognitive Sciences”, Vol. 4, 2005.

Gazzaniga - Ivry - Mangun 2021
Michael S. Gazzaniga, Richard B. Ivry, George R. Mangun,

Neuroscienze cognitive, terza edizione italiana, a cura di Alberto Zani, Alice Mado Proverbio, Zanichelli, 2021.

Inase - Ishida - Murata - Nakajima 2021

Masahiko Inase, Hiroaki Ishida, Akira Murata, Katsumi Nakajima, *Shared Mapping of Own and Others' Bodies in Visuotactile Bimodal Area of Monkey Parietal Cortex*, in "Journal of Cognitive Neuroscience", Vol. 22 (1), 18/05/2021, pp. 83-96.

Kandel 2017

Eric R. Kandel, *Arte e Neuroscienze. Le due culture a confronto*, prima edizione italiana, a cura di Gianbruno Guerrerrio, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2017.

Kandel - Schwartz - Jessell - Siegelbaum - Hudspeth 2014

Eric R. Kandel, James H. Schwartz, Thomas M. Jessell, Stevan A. Siegelbaum, A. J. Hudspeth (a cura di), *Principi di Neuroscienze*, quarta edizione italiana sulla quinta edizione inglese a cura di Virgilio Perri, Giuseppe Spidalieri, Casa editrice Ambrosiana, 2014.

Oliverio 2002

Alberto Oliverio, *Prima lezione di neuroscienze*, Roma-Bari, Editori Laterza, 2002.

Ramachandran 2019

Vilayanur Subramanian Ramachandran, *Che cosa sappiamo della mente. Gli ultimi progressi delle neuroscienze raccontati dal massimo esperto mondiale*, trad. di Laura Serra, Milano, Mondadori, 2019.

Riggio - Rizzolatti - Sheliga 1994

Lucia Riggio, Giacomo Rizzolatti, Boris M. Sheliga, *Space and Selective Attention*, in "Attention and Performance", Vol. 15, 1994, pp. 231-265.

Rizzolatti - Sinigaglia 2006

Giacomo Rizzolatti, Corrado Sinigaglia, *So quel che fai. Il cervello che agisce e i neuroni specchio*, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2006.

Rizzolatti - Vozza 2020

Giacomo Rizzolatti, Lisa Vozza, *Nella mente degli altri. Neuroni specchio e comportamento sociale*, Bologna, Zanichelli, 2020.

Rubin - Starr - Vessel 2013

Nava Rubin, G. Gabrielle Starr, Edward A. Vessel, *Art reaches within: aesthetic experience, the self and the default mode network*, in "Frontiers in Neuroscience", Vol. 7, 12/2013, pp. 1-9.

Sitografia

Architettura e neuroscienze (siti)

ANFA

<<https://www.anfarch.org>>.

International Arts + Mind Lab (IAM Lab)

<<https://www.artsandmindlab.org/blog/>>

Neuroarchitectura

<<https://neuroarch.squarespace.com>>.

Neuroscienze applicate

<<https://www.neuroscienzeapplicate.it>>.

TUNED

<<https://tuned-arch.it>>.

Architettura e neuroscienze (articoli)

Di Pietro 2021

Lucia Di Pietro, *Un cervello al museo. Cosa può insegnarci l'impressionismo sui circuiti neurali?* <https://www.treccani.it/magazine/chiasmo/scienze_della_vita/Prospettive/ssc_un_cervello_al_museo_di_pietro.html>, articolo in <https://www.treccani.it/magazine/chiasmo/>

www.treccani.it/magazine/chiasmo/, 29/03/2021.

Eberhard 2006

John Paul Eberhard, *You Need to Know What You Don't Know* <<http://info.aia.org/aiarchitect/thisweek06/0127/0127eberhard.htm>>, articolo in <https://www.aia.org>, 01/2006.

Lombardini22 2017

Lombardini22, *Per un'architettura in sintonia con l'uomo* <<https://medium.com/@lombardini22/per-unarchitettura-in-sintonia-con-l-uomo-99c888649eef>>, articolo in <https://medium.com>, 08/09/2017.

Maccaferri 2018

Alessia Maccaferri, *L'empatia degli spazi accresce produttività e qualità della vita* <<https://www.ilsole24ore.com/art/l-empatia-spazi-accresce-produttivita-e-qualita-vita--AEG21PhG>>, articolo in <https://www.ilsole24ore.com>, 19/11/2018.

Murphy 2017

Adrian Murphy, *Peabody Essex Museum employs neuroscientist to enhance visitor experience* <<https://advisor.museumsandheritage.com/news/essex-peabody-museum-employs-neuroscientist-enhance-visitor-experience/>>, articolo in <https://www.museumsandheritage.com>

advisor.museumsandheritage.com,
14/03/2017.

Museum Next 2021

Museum Next, *Shaping Museum Stories with Neuroscience* <<https://www.museumnext.com/article/shaping-museum-stories-with-neuroscience/>>, articolo in <https://www.museumnext.com>, 10/12/2020.
ioArch, Architettura e neuroscienze, la ricerca NuArch <<https://ioarch.it/architettura-e-neuroscienze-la-ricerca-nuarch/>>, articolo in <https://ioarch.it>, 18/06/2021.

Neuroscienze applicate

Neuroscienze applicate, *Cos'è la neuroarchitettura* <<https://www.neuroscienzeapplicate.it/neuroarchitettura-progettare-con-il-cervello-per-il-cervello/>>, articolo in <https://www.neuroscienzeapplicate.it>.

Pallasmaa 2014

Juhani Pallasmaa, *Lyrical Atmospheres* <<https://arquitecturaviva.com/articles/lyrical-atmospheres>>, in <https://arquitecturaviva.com/en>, 31/08/2014.

Pizzolante 2021

Marta Pizzolante, *NuArch. Ovvero come la forma dell'architettura influisce sulle emozioni* <[https://www.artribune.com/progettazione/new-media/2021/07/nuarch-ovvero-come-la-forma-dellarchitettura-](https://www.artribune.com/progettazione/new-media/2021/07/nuarch-ovvero-come-la-forma-dellarchitettura-influisce-sulle-emozioni/)

[influisce-sulle-emozioni/](https://www.artribune.com)>, articolo in <https://www.artribune.com>, 27/07/2021.

Ruzzon 2017

Davide Ruzzon, *“Rooms”, alla ricerca del corpo perduto* <<https://ilgiornaledellarchitettura.com/2017/02/06/rooms-alla-ricerca-del-corpo-perduto/>>, articolo in <https://ilgiornaledellarchitettura.com>, 06/03/2017.

Ruzzon 2017

Davide Ruzzon, *Le neuroscienze e l'architettura del lavoro* <<https://medium.com/@lombardini22/le-neuroscienze-e-larchitettura-del-lavoro-22b9d0c156db>>, articolo in <https://medium.com/@lombardini22>, 10/04/2017.

Scarale 2018

Teresa Scarale, *Arte e techne: Gallerie d'Italia e Intesa Sanpaolo Innovation Center insieme per l'innovazione* <<https://www.we-wealth.com/news/pleasure-assets/opere-darte/arte-e-techne-gallerie-ditalia-e-intesa-sanpaolo-innovation-center-insieme-per-linnovazione>>, articolo in <https://www.we-wealth.com>, 03/04/2018.

Snow Hopkins 2017

Christopher Snow Hopkins, *This Art Museum Hired a Neuroscientist to Change the Way We Look at Art*

<<https://www.artsy.net/article/artsy-editorial-art-museum-hired-neuroscientist-change-way-art>>, articolo in <https://www.artsy.net>, 2017.

Ziv 2017

Stav Ziv, *Art and the Brain: Museum Near Boston Hires Neuroscientist to Transform Visitors' Experience*
<<https://www.newsweek.com/art-brain-museum-boston-hires-neuroscientist-transform-experience-610514>>, articolo in <https://www.newsweek.com>, 17/05/2017.