

TEMI ED EVENTI

Il modello corporeo e la teoria neuropsicologica del sé corporeo minimale. Una rassegna tematica

Martina Properzi^(a)

Ricevuto: 23 dicembre 2021; accettato: 31 ottobre 2022

Riassunto Il concetto di modello corporeo è un'acquisizione relativamente recente della neuropsicologia. Studiosi attivi in questo ambito di ricerca interpretano il concetto di modello corporeo come facente riferimento ad un modello interno, una rappresentazione cognitiva delle proprietà anatomiche, volumetriche e posturali del corpo umano. È stato dimostrato come il modello corporeo fornisca un *background* cognitivo stabile a processi d'integrazione dell'informazione multisensoriale riferita al corpo proprio. In questo senso, si ritiene che esso concorra a generare una forma elementare di autocoscienza corporea, il cosiddetto sé corporeo minimale. Il presente contributo intende fornire un'aggiornata rassegna tematica sul modello corporeo trattato contestualmente alla teoria neuropsicologica del sé corporeo minimale. A tale scopo, saranno discussi studi teorici di rilievo che condividono una comune base sperimentale: le *Illusioni della Proprietà Corporea* (IPC). Attenzione verrà riservata anche alle principali ricadute che un tale lavoro di sistematizzazione teorica ha recentemente conosciuto in psicopatologia, filosofia della neuroscienza e neurofilosofia. Saranno infine segnalati alcuni problemi aperti nella contemporanea ricerca sul modello corporeo.

PAROLE CHIAVE: Neuropsicologia; Modello corporeo; Sé corporeo minimo; Illusioni della proprietà corporea

Abstract *The body model and the neuropsychological theory of the minimal bodily self. A thematic review* - The body model is a relatively new concept developed by neuropsychologists that refers to an internal model or cognitive representation of the anatomical, volumetric, and structural aspects of the human body. The body model has been shown to provide a stable cognitive background for body-related multisensory integration, thereby contributing to the formation of an elementary kind of corporeal self-consciousness, the so-called minimal bodily self. Here, I provide an updated thematic review of research on the body model in the context of the neuropsychological theory of the minimal bodily self. It examines theoretical studies based on experiments on *Body Ownership Illusions* (BOI) and the important implications this work has for psychopathology, the philosophy of neuroscience and neurophilosophy. Finally, it points to some unanswered questions in contemporary research on the body model.

KEYWORDS: Neuropsychology; Body Model; Minimal Bodily Self; Body Ownership Illusions

^(a)Dipartimento di Filosofia, Pontificia Università Lateranense, Piazza San Giovanni in Laterano, 4 – 00184 Roma (IT)

E-mail: martinaproperzi@alice.it (✉)



IL CONCETTO DI MODELLO CORPOREO (*body model*) è un'acquisizione relativamente recente della neuropsicologia. Quest'ultima è una branca della contemporanea scienza psicologica focalizzata sullo studio delle correlazioni esistenti fra stati fenomenali della mente cosciente e strutture, meccanismi del sistema nervoso centrale e periferico. I neuropsicologi interpretano il concetto di modello corporeo come facente riferimento a un modello interno, una rappresentazione cognitiva delle proprietà anatomiche, volumetriche e posturali del corpo umano che si mantiene costante nel tempo e che prescinde da caratteristiche individuali. Le proprietà rappresentate dal modello sono la forma e la superficie del corpo, la locazione, i limiti e i rapporti di composizione interna delle parti corporee. L'introduzione del modello corporeo come concetto scientifico risale ai primi anni del secolo. In appena vent'anni di ricerca sono stati ottenuti importanti risultati, come l'identificazione del substrato neuroanatomico e del meccanismo funzionale del modello corporeo. Il primo coincide con patterns di attività neurale locati nella giunzione temporoparietale di destra. Il secondo consiste di processi cosiddetti di *test-for-fit* che garantiscono una relativa uniformità fra dato sensoriale di ingresso e rappresentazione cognitiva di sfondo – i ricercatori hanno stabilito un'analogia i processi di *test-for-fit* e la modulazione imposta al dato visivo dall'immagine mentale dell'oggetto. Questi risultati hanno permesso ai ricercatori di distinguere il modello corporeo da altre rappresentazioni corporee quali lo schema corporeo (*body scheme*) e l'immagine corporea (*body image*).

Una posizione condivisa dalla maggioranza dei neuropsicologi è quella secondo cui il modello corporeo è una delle componenti cognitive del cosiddetto sé corporeo minimale, una forma elementare di soggettività o autocoscienza che consente all'esperienza di distinguere il corpo proprio da altri corpi dello spazio peripersonale – quella porzione dello spazio fenomenico all'interno della quale l'interazione con stimoli esterni è quantificata come massima in base a specifici parametri psicofisici. Il sé corporeo minimale combina tre strutture di incorporamento. Vale a dire: (1) l'auto-identificazione con un corpo fisico; (2) l'auto-locazione nello spazio fenomenale; (3) la prospettiva in prima persona, un sistema di coordinate spaziotemporali corpo-relative. Si ritiene che il modello corporeo sia coinvolto nella struttura di auto-identificazione, fornendo un background cognitivo stabile a processi d'integrazione dell'informazione multisensoriale riferita al corpo proprio.

Come rilevato dal neuroscienziato svizzero-tedesco Olaf Blanke, grazie all'auto-identificazione con un corpo fisico il sé diventa sé "reale" che «"risiede" nel mio corpo ed è il soggetto o "io" dell'esperienza e del pensiero». Un senso vissuto di possesso o proprietà corporea (*body ownership*)

è associato alla struttura di incorporamento dell'auto-identificazione, quindi al sé reale. È stato dimostrato che la proprietà corporea è un senso plastico modulato in funzione del comportamento dell'individuo e della sua dinamica. Questo carattere di mancata fissità o plasticità del senso del corpo proprio permette all'individuo di incorporare, di esperire in prima persona quali parti corporee oggetti esterni, svolgendo un ruolo decisivo nel corretto funzionamento a medio e lungo termine di numerosi dispositivi biomedici come le protesi dell'arto e le neuroprotesi sensoriali, motorie oppure cognitive.

Il presente contributo intende fornire un'aggiornata rassegna tematica sul modello corporeo trattato contestualmente alla teoria neuropsicologica del sé corporeo minimale. A tale scopo si discuteranno i principali studi teorici e la loro base sperimentale, le cosiddette *Illusioni della Proprietà Corporea* (IPC). La rassegna tematica proposta si articolerà nel seguente modo: il § 2 fornirà una breve introduzione alla teoria neuropsicologica del sé corporeo minimale. Il paradigma sperimentale delle IPC sarà oggetto di approfondimento nel § 3. Il § 4 illustrerà il concetto di modello corporeo e la transizione in atto nell'ambito degli studi neuropsicologici sul sé reale da un approccio teorico focalizzato sulla sensorialità a un approccio misto che combina integrazioni multisensoriali e rappresentazioni cognitive. Nei §§ 5 e 6 si individueranno alcune ricadute che un tale lavoro di sistematizzazione teorica ha recentemente conosciuto in psicopatologia, filosofia della neuroscienza e neurofilosofia. Saranno infine segnalati alcuni problemi aperti nella contemporanea ricerca sul modello corporeo (§ 7).

1 La teoria neuropsicologica del sé corporeo minimale

Quella neuropsicologica è oggi una ricerca intersettoriale ed altamente specializzata in cui si distinguono numerosi filoni di ricerca, come quelli che indagano le correlazioni neuro-fenomenali in prospettiva sociale oppure evolutiva.¹ Focalizzando l'attenzione sulla teoria del sé corporeo minimale, distinguiamo perlomeno tre settori di ricerca che hanno contribuito alla sua elaborazione: la neuroanatomia, la psicologia cognitiva e la psicologia comportamentale.² La prima studia l'organizzazione anatomica del sistema nervoso. La psicologia cognitiva indaga invece i processi mentali attraverso cui le informazioni ambientali sono acquisite elaborate, memorizzate e recuperate dal sistema cognitivo dell'essere umano. Quella comportamentale, infine, individua nel comportamento esplicito, osservabile l'unità di analisi della psicologia scientifica.

Accanto a questa basilare classificazione di settori è utile distinguere due paradigmi euristici, en-

trambi adottati nella neuropsicologia del sé corporeo minimale, vale a dire il paradigma sperimentale ed il paradigma clinico.³ Il primo comprende un insieme di metodi e tecniche accomunati dal riferimento alla verifica sperimentale dell'ipotesi di lavoro.

I soggetti partecipanti all'esperimento, condotto nella maggioranza dei casi in ambiente artificiale (laboratorio), sono soggetti sani, per lo più adulti, sottoposti ad alterazione indotta delle strutture minimali di incorporamento (auto-identificazione corporea, auto-localizzazione nello spazio e prospettiva in prima persona). Il secondo paradigma, il paradigma clinico, studia la fenomenologia di stati mentali anomali di autocoscienza corporea vissuti da pazienti neurologici. Questo contributo si focalizzerà sul paradigma sperimentale, paradigma a cui appartengono le IPC. Come in parte anticipato, tuttavia, alcune considerazioni sulla psicopatologia del sé corporeo minimale verranno effettuate. Si tratterà, in particolare, la somatoparafenìa un disturbo neurologico con manifestazioni di delusione, overrosia di perdita oppure di compromissione, del senso di proprietà corporea.

La teoria del sé corporeo minimale esemplifica una nuova generazione di studi neuropsicologici volta a indagare le strutture soggettive della mente cosciente. Come è stato rilevato, l'incorporamento della coscienza dipende principalmente da queste strutture e non da quelle intenzionali che sono strutture referenziali, oggettive, di direzionalità all'oggetto.⁴ L'auto-identificazione con un corpo fisico è una struttura soggettiva di incorporamento globale: l'esperienza vive come proprio un corpo nella sua totalità. L'auto-identificazione è anche una struttura riflessiva dove, secondo quanto introduttivamente chiarito, il sé reale o incorporato è «il soggetto o "io" dell'esperienza e del pensiero» e, al tempo stesso, uno dei corpi dello spazio periperonale – benché esso venga distinto come corpo proprio dagli altri corpi spazializzati. «Riflessività» non indica qui una capacità di ordine superiore di auto-oggettivazione (*reflectivity*) che appartiene esclusivamente all'essere umano quale «animale razionale», bensì una forma primitiva di auto-riferimento (*reflexivity*) che contraddistingue i sistemi biologici come sistemi autopoietici.⁵ Anche l'auto-localizzazione nello spazio fenomenale è una struttura globale e riflessiva: l'esperienza vive il proprio corpo nella sua interezza come locato nello spazio fenomenale. A differenza delle prime due strutture, la terza struttura, la prospettiva in prima persona, non è riflessiva benché sia una struttura globale. L'esperienza vive infatti l'ambiente circostante a partire dall'intero corpo proprio.

Le basi neuroanatomiche e cognitive delle tre strutture sono state solo in parte studiate.⁶ Si è visto che sono processi distribuiti in una rete di aree corticali che supportano, come sostrato neurale, la soggettività corporea minimale. Questa rete com-

prende *loci* funzionali interconnessi in neurostrutture di varia complessità. Per quanto riguarda la struttura di auto-identificazione con un corpo fisico, l'informazione propriocettiva ed estero-cettiva unimodale è processata in zone specializzate della corteccia parietale (corteccia somatosensoriale primaria) e della corteccia temporo-occipitale (corteccia corporea extrastriata). Essa viene poi integrata, come informazione multisensoriale, nella corteccia parietale posteriore e nella corteccia premotoria ventrale. Le cortecce insulari ospitano il processamento e l'integrazione dell'informazione interocettiva. L'informazione multimodale è quindi processata nella giunzione temporo-parietale destra, la regione cerebrale che è associata al modello corporeo. È sempre nella giunzione temporo-parietale che l'informazione visiva e quella vestibolare vengono integrate: i correlati neurali dell'auto-localizzazione nello spazio fenomenale e della prospettiva in prima persona sono stati identificati come situati in questa area.⁷

2 Il paradigma sperimentale delle IPC

È arduo studiare in termini scientifici il sé reale e il senso di proprietà corporea che lo caratterizza a causa de «l'apparentemente ineluttabile permanenza del corpo».⁸ In termini più o meno espliciti il corpo proprio è sempre vissuto dall'esperienza – se si tratta di un soggetto sano: è questa «permanenza» del corpo nel vissuto individuale che rende difficile manipolare sperimentalmente l'esperienza proprio-corporea. Il problema della manipolazione sperimentale del senso vissuto di avere un corpo è stato affrontato e risolto grazie alle IPC. Le IPC sono classificate come illusioni percettive appartenenti al sottogruppo delle *Illusioni Corporee* (IC).

Nelle IC i ricercatori usano l'informazione multisensoriale per generare nel soggetto partecipante un'illusione relativa ad un determinato aspetto del corpo proprio oppure di una sua parte. Esempi di IC sono le illusioni percettive della forma e della dimensione corporea, nelle quali forma e dimensione percepite dal soggetto partecipante non coincidono con la forma e la dimensione anatomiche effettive del corpo oppure di una parte corporea. Le *Illusioni della Distorsione Corporea* sono un esempio ben noto di IC. Fanno parte di tale gruppo l'illusione dell'estensione dell'arto, in cui l'informazione cinestesica causa dell'effetto illusorio è elicitata da vibrazioni indotte del tendine muscolare, e l'illusione cosiddetta di Pinocchio dove l'effetto illusorio è generato dall'informazione cinestesica e da quella tattile – l'illusione dell'estensione dell'arto è accompagnata da quella del naso e delle dita che toccano l'arto.⁹

Le IPC comprendono una vasta gamma di illusioni relative al senso di proprietà corporea. I ricercatori elicitano nei soggetti partecipanti la incorporazione di un oggetto esterno, che è esperito

così dai suddetti come parte del corpo proprio o, addirittura, come il corpo stesso. Esistono due principali tipi di IPC, l'illusione della mano di gomma e l'illusione dello scambio corporeo.¹⁰ Nella sua versione standard, che funge da protocollo per l'intero paradigma sperimentale, l'illusione della mano di gomma prevede che il soggetto partecipante guardi ad una mano di gomma situata entro i confini dello spazio peripersonale mentre questa viene accarezzata contemporaneamente alla mano naturale, la cui visione è impedita al partecipante. La sincronia degli eventi stimolatori genera nel soggetto partecipante un'erronea identificazione della mano naturale (*target* dello stimolo tattile) con la mano di gomma (stimolo visivo), che è vissuta così dal partecipante come parte del corpo proprio. Secondo la celebre formula di Botvinick e Cohen, la mano di gomma è «sentita

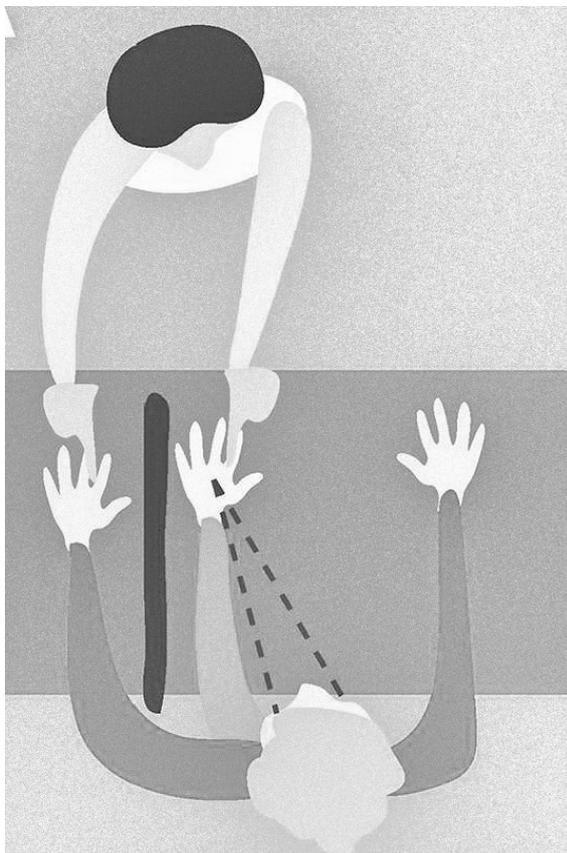


Figura 1. Assetto sperimentale standard dell'illusione della mano di gomma (K. KILTENI, A. MASELLI, K.P. KORDING, M. SLATER, *Over my fake body: Body ownership illusions for studying the multisensory basis of own-body perception*, p. 5). Il soggetto partecipante guarda l'arto artificiale posizionato in modo anatomicamente plausibile mentre riceve una stimolazione tattile sincrona, rispetto allo stimolo visivo, sull'arto naturale nascosto alla vista.

come fosse la mia mano».¹¹ In termini analoghi, nella (versione standard della) illusione dello scambio corporeo il partecipante si identifica con un corpo estraneo. Anche in questo caso l'illusione percettiva è elicitata da stimoli tattili e stimoli visivi sincroni. A differenza dell'illusione della mano

di gomma, tuttavia, i ricercatori applicano qui lo stimolo tattile al ventre del partecipante e ne manipolano la prospettiva visiva in prima persona con il supporto di un'apposita tecnologia video (videocamere CCTV e schermi HMD). La prospettiva visiva del partecipante è portata così a coincidere con quella attribuibile ad un manichino umanoide – il cui ventre è accarezzato, come avviene a quello del soggetto partecipante umano.¹²

Data la sua importanza nell'ambito delle IPC, è utile ricostruire in maggior dettaglio l'illusione della mano di gomma. Questa illusione è stata introdotta da Botvinick e Cohen in un articolo risalente al 1998. I ricercatori hanno condotto due esperimenti coinvolgendo dieci soggetti adulti di età non specificata più un gruppo di controllo, che ha preso parte solo al secondo esperimento. Nell'Esperimento 1 ciascun partecipante è fatto sedere dinanzi ad un piccolo tavolo con la mano sinistra, poggiata sullo stesso, coperta da uno schermo che ne impedisce la visione. Nel frattempo, i ricercatori posizionano una mano sinistra di gomma a grandezza naturale di fronte al soggetto partecipante e sfregano entrambi gli arti, quello naturale e quello artificiale, con piccoli pennelli, sincronizzando i due *patterns* (cfr. *Figura 1*). Dopo 10 minuti a ciascun partecipante viene fatto compilare un questionario composto da nove domande a risposta aperta volte a stabilire l'occorrenza o meno di nove diversi effetti percettivi (cfr. *Tabella 1*). I questionari compilati rivelano un effetto illusorio, tale per cui la sensazione tattile è vissuta dal partecipante come localizzata sulla mano di gomma oggetto di visione e non su quella naturale soggetta allo stimolo tattile (Effetto 1, 2, 3).

L'Esperimento 2 riproduce il precedente, con la sola differenza che il tempo previsto per elicitarne l'effetto illusorio è più lungo. Al termine dell'esperimento viene richiesto ai partecipanti di allineare ad occhi chiusi il dito indice della mano destra rispetto a quello della sinistra scoperta dallo schermo e mantenuta nella stessa posizione assunta durante la stimolazione tattile. Viene così misurata la tendenza a localizzare erroneamente l'allineamento spostandolo verso la mano di gomma, il cosiddetto spostamento propriocettivo (*proprioceptive drift*). L'illusione di localizzazione dello spostamento della mano è corroborata con un gruppo di controllo, dove una piccola asincronia fra lo stimolo tattile e lo stimolo visivo riduce significativamente la tendenza registrata.

Un affinamento dell'assetto sperimentale appena presentato è stato oggetto di uno studio successivo di Tsakiris e Haggard.¹³ In tale studio quattro esperimenti sono condotti con l'obiettivo di spiegare il ruolo svolto nell'illusione della mano di gomma da rappresentazioni corporee di tipo cognitivo (Esperimento 1 ed Esperimento 2), nonché di comprendere le condizioni locali e globali dell'erronea localizzazione dell'informazione tattile (Esperimento 3 e Esperimento 4). Le principali differenze metodologiche con lo studio di Botvi-

nick e Cohen riguardano i seguenti punti:

- il trattamento dei *patterns* temporali di stimolazione (sincronie/asincronie). Essi non sono più individuati come fattori costanti, bensì come variabili all'interno del gruppo stesso dei soggetti partecipanti.
- La modalità di misura dello spostamento propriocettivo, che è ora calcolata grazie all'uso di un metro.
- Il posizionamento relativo della mano di gomma. La mano è allineata alla linea mediana dell'arto naturale.
- Il *target* somatico della stimolazione tattile. Lo stimolo è applicato su un solo dito nell'Esperimento 1, nell'Esperimento 2 e nell'Esperimento 3. Nell'Esperimento 4 è applicato su due dita.

Esistono oggi numerose varianti del *set up* sperimentale standard dell'illusione della mano di gomma. Le principali differenze che intercorrono fra l'assetto sommariamente descritto in quanto precede e le sue più recenti evoluzioni possono essere sintetizzate nei seguenti punti.¹⁴

- Varietà della modalità dell'informazione coinvolta. Se nell'assetto tradizionale la manipolazione è condotta sull'informazione multisensoriale tattile-visiva, nelle evoluzioni d'assetto essa interessa tanto l'informazione cinestesico-visiva e cinestesico-tattile quanto l'informazione unimodale tattile o cinestesica.
- Uso di tecnologie aggiornate. Il *design* sperimentale standard prevede una strumentazione assai semplice. Nelle evoluzioni d'assetto i ricercatori ricorrono invece a dispositivi robotici e di realtà virtuale immersiva.
- Metodi quantitativi puri di misura. Tipicamente, per misurare l'effetto illusorio, i ricercatori combinano metodi qualitativi (questionari) e metodi

quantitativi indiretti come lo spostamento propriocettivo. Nelle evoluzioni d'assetto i ricercatori impiegano metodi quantitativi puri, che possono essere tanto indiretti (conduttanza cutanea, decelerazione del battito cardiaco e misura della temperatura) quanto diretti (psicomelia).

- Varietà del *target* umano. Nella prospettiva di ampliare in senso evolutivo la comprensione scientifica del fenomeno di incorporazione della mano aliena, i ricercatori hanno costituito gruppi di studio e di controllo che comprendono soggetti in età neonatale, prescolare e adulta.

3 Il modello corporeo: dall'approccio teorico multisensoriale all'approccio teorico misto (multisensoriale e cognitivo)

I dati ricavati dagli esperimenti classici relativi all'illusione della mano di gomma sono stati interpretati inizialmente alla luce di un approccio teorico di tipo connessionista. Si è ottenuta così una prima caratterizzazione della struttura di auto-identificazione del sé reale e del senso di proprietà corporea.

Nel loro pionieristico articolo Botvinick e Cohen hanno fatto ricorso a un modello di rete neurale biologica che descrive un processo *bottom-up* di soddisfacimento di vincoli.¹⁵ In termini semplificati, il soddisfacimento di vincoli è pro cessato quando la stimolazione tattile e quella visiva sono esercitate simultaneamente: la sincronia dei due stimoli restringe l'insieme dei valori che possono essere assunti dalle variabili associate alle due modalità di informazione. Secondo Botvinick e Cohen, dunque, l'illusione di incorporazione dell'arto artificiale è generata da un impoverimento del contenuto informativo, il quale dipende (direttamente) dalla integrazione dell'informazione tattile e dell'informazione visiva. Gli autori hanno ipotizzato che il *pattern* neurofunzionale associato

Durante l'esperimento ci sono stati momenti in cui:

Effetto 1: sembrava come se sentissi lo stimolo tattile esercitato dal pennello localizzato lì dove vedevo la mano di gomma essere soggetta al medesimo stimolo.

Effetto 2: sembrava come se lo stimolo tattile a cui ero sottoposto fosse causato dal pennello che sfregava la mano di gomma.

Effetto 3: sembrava come se la mano di gomma fosse la mia mano.

Effetto 4: sembrava come se la mia mano si stesse spostando verso la mano di gomma.

Effetto 5: sembrava come se avessi potuto avere più di una mano sinistra.

Effetto 6: sembrava come se la sensazione tattile che stavo percependo provenisse da un qualche posto collocato fra la mia mano e la mano di gomma.

Effetto 7: sembrava come se la mia mano stesse diventando di gomma.

Effetto 8: sembrava come se la mano di gomma si stesse spostando verso la mia mano.

Effetto 9: sembrava come se la mano di gomma stesse iniziando ad assomigliare alla mia mano, in termini di forma e altre caratteristiche visive.

Tabella 1. I nove effetti percettivi indagati dal questionario elaborato da Botvinick e Cohen. I primi tre effetti riportati in grassetto sono quelli statisticamente più significativi. Per ogni effetto i partecipanti hanno indicato le proprie risposte in una scala con valori compresi fra +3 ("concordo appieno") e -3 ("non sono affatto d'accordo"). Cfr. M. BOTVINICK, J. COHEN, *Rubber hands*, p. 756.

al meccanismo di soddisfacimento di vincoli venga operato da popolazioni di neuroni bimodali tattili-visivi presenti in diverse aree corticali del cervello dei primati e del cervello umano.¹⁶

Un successivo studio condotto da Armel e Ramachandran ha applicato all'illusione della mano di gomma un modello statistico di stile Bayesiano. Secondo questa nuova prospettiva teorica l'illusione percettiva dipenderebbe dal valore di utilità associato alla capacità del cervello umano di correlare, su basi meramente statistiche, *inputs* visivi e tattili sincroni.¹⁷ Come è stato rilevato, tuttavia, per la sua stessa natura utilitarista, il modello Bayesiano non può contemplare limitazioni di tipo semantico all'induzione dell'illusione percettiva.¹⁸ Il modello non può neppure ammettere effetti di spostamento propriocettivo che non siano direttamente causati dalla sincronizzazione degli stimoli. Ciò impedisce di interpretare i risultati dei quattro esperimenti ideati da Tsakiris e Haggard. Questa evidenza ha fortemente ridimensionato il valore esplicativo dell'ipotesi di Armel e Ramachandran. In base all'Esperimento 1 e all'Esperimento 2 è stata provata infatti l'esistenza di limiti imposti al formarsi dell'illusione dal senso vissuto di discordanza, dif-

formità della morfologia, volumetria e postura dell'arto artificiale rispetto a quelle dell'arto naturale. Gli ultimi due esperimenti (Esperimento 3 ed Esperimento 4) hanno rivelato l'esistenza di una eziologia dello spostamento propriocettivo alternativa alla stimolazione sincrona.¹⁹

Muovendo da queste basi sperimentali, Tsakiris e Haggard hanno ripensato radicalmente l'approccio teorico sino a quel momento adottato dai ricercatori. Come è stato appena illustrato, all'interno di tale approccio il dato delle integrazioni multisensoriali è assolutizzato. I due ricercatori hanno combinato invece l'originario modello della rete neurale biologica elaborato da Botvinick e Cohen con rappresentazioni cognitive, introdotte al fine di rendere ragione dell'esistenza di limiti semantici all'incorporazione della mano artificiale – si noti come questi limiti non possano essere ricondotti a specifici *patterns* spaziotemporali quali una distanza eccessiva (<10 cm) dell'arto artificiale da quello naturale – condizione per cui la mano di gomma non fa parte dello spazio peripersonale – e la mancata sincronizzazione degli stimoli conflittuali.²⁰

Questo approccio teorico di carattere misto, multisensoriale e cognitivo al tempo stesso, è stato affi-

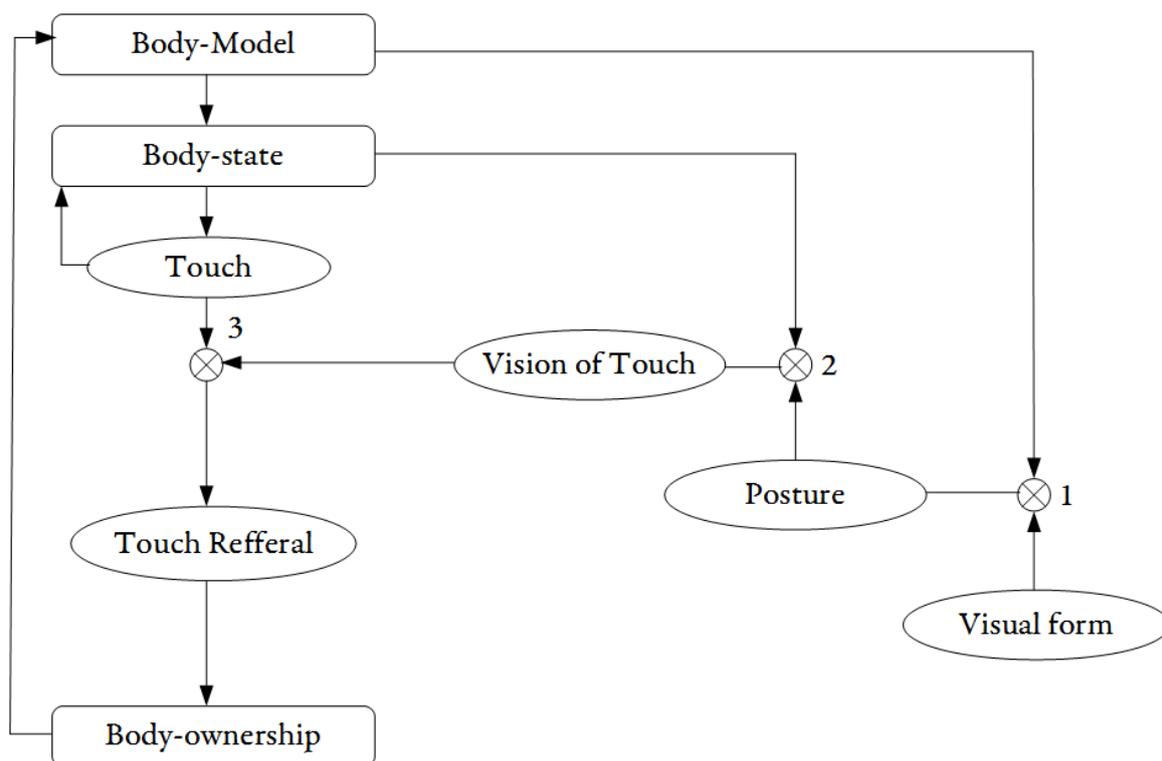


Figura 2. Il modello neurocognitivo dell'effetto illusorio di incorporazione della mano di gomma elaborato da Tsakiris (cfr. M. TSAKIRIS, *My body in the brain*, p. 707). Il modello si basa sul concetto di confronto critico che generalizza l'operatore di filtro. Sono previsti tre momenti di confronto critico. Il primo momento interessa la forma dell'arto artificiale intesa come dato visivo: essa è confrontata con una preesistente rappresentazione cognitiva della morfologia dell'arto naturale. Il secondo momento concerne la postura dell'arto artificiale, che è confrontata con una preesistente rappresentazione cognitiva della postura dell'arto naturale. Il terzo momento riguarda il posizionamento dell'arto artificiale all'interno del sistema di coordinate visive e del sistema di coordinate tattili, anche in questo caso soggetto a un confronto con una preesistente rappresentazione cognitiva riferita all'arto naturale.

nato nel corso degli anni. Tsakiris ha elaborato un modello neurocognitivo la cui architettura prevede un livello base (integrazioni multisensoriali) e un livello superiore (modello corporeo quale rappresentazione cognitiva di anatomia, volumetria e postura corporee).²¹ Il principale obiettivo del ricercatore è stato quello di caratterizzare l'interazione fra il livello base ed il livello superiore. A questo scopo, egli ha fatto ricorso al concetto di confronto critico (*critical comparison*), un concetto che generalizza il filtro come operatore del meccanismo funzionale di *test-for-fit* proprio del modello corporeo (cfr. *Figura 2*). Il confronto critico fra base sensoriale e modello corporeo è processato da una rete distribuita di aree corticali che coinvolge la giunzione temporoparietale destra e altre aree della corteccia parietale anteriore e posteriore.²²

Recentemente nuove proposte teoriche sono state avanzate. Esse risultano classificabili in tre gruppi.²³ Vale a dire:

- Il gruppo delle teorie basate su modelli connessionisti avanzati. Rispetto alla formulazione standard di Botvinick e Cohen questo gruppo di teorie include modelli con moduli interneurali. Tali moduli sono stati introdotti al fine di spiegare effetti dinamici complessi dell'integrazione multisensoriale coinvolta nell'illusione della mano di gomma.
- Il gruppo delle teorie basate su modelli Bayesiani avanzati. Rispetto alla formulazione standard di Armel e Ramachandran questo gruppo di teorie comprende modelli dotati di strumenti teorici e concettuali con cui è dato caratterizzare i limiti imposti all'incorporazione dell'arto artificiale dal modello corporeo.
- Il gruppo delle teorie basate su modelli gerarchici. L'idea centrale di questo nuovo gruppo di teorie è quella della minimizzazione dell'errore: l'illusione di incorporazione della mano di gomma emergerebbe dall'interesse che a fini adattativi l'essere umano ha di minimizzare l'errore di predizione generato dal conflitto, sperimentalmente indotto, dell'informazione tattile con l'informazione visiva.

Negli ultimi anni si sta osservando una tendenza ad ibridizzare i succitati gruppi di teorie con l'obiettivo esplicito di aumentare la capacità esplicativa dei rispettivi modelli. Un esempio di gruppo ibrido di teorie è il gruppo che combina modelli di reti neurali e moduli Bayesiani.²⁴

4 Effetti di delusione patologica

La somatoparafenìa è una malattia neuropsicologica che a livello psicopatologico si manifesta come delusione, vale a dire perdita ovvero compromissione del senso di proprietà corporea. La

somatoparafenìa colpisce pazienti affetti da danni cerebrali, nella maggior parte dei casi pazienti emiplegici con un emisfero cerebrale danneggiato da ischemia – l'evento ischemico compromette la capacità di movimento della parte del corpo opposta all'emisfero cerebrale colpito, il cosiddetto emisoma controlaterale. La fenomenologia della malattia viene di solito descritta come un effetto di delusione riferito alle parti plegiche del corpo, quelle parti corporee che sono intaccate da paralisi. Una tale descrizione è nella sostanza corretta ed ha il merito di evidenziare la stretta connessione esistente fra la malattia, da un lato, il sé corporeo, dall'altro, nella sua componente reale o incorporata legata alla struttura di auto-identificazione con un corpo fisico. Al tempo stesso, tuttavia, la suddetta descrizione risulta carente non tenendo conto dell'ampia articolazione della sintomatologia espressa dalla malattia.

Un approfondimento in questa direzione è stato tentato da Vallar e Ronchi.²⁵ Ripercorrendo la letteratura clinica dedicata alla somatoparafenìa, i due ricercatori hanno distinto i seguenti cinque gruppi di effetti patologici: (1) la manifestazione di un senso di estraneità rispetto alle parti plegiche; (2) la delusione della proprietà delle parti plegiche; (3) l'attribuzione delle parti plegiche ad un'altra persona; (4) la delusione di aspetti subordinati dell'auto-identificazione delle parti plegiche; (5) i disordini associati come, per esempio, la misoplegia (condizione di odio verso l'arto plegico) e la personalizzazione dell'arto plegico. I gruppi 1-5 di effetti patologici rivelano la complessa fenomenologia della malattia, la quale ne rende difficile una comprensione sistematica.

A tale proposito, proprio lo studio di Vallar e Ronchi ha evidenziato un punto importante: approfondire la comprensione scientifica del rapporto esistente fra somatoparafenìa e (delusione del) senso di proprietà corporea è possibile qualora si studi il rapporto fra deficit sensoriale e deficit cognitivo.²⁶ I dati empirici disponibili corroborano l'ipotesi per cui il deficit sensoriale non è altro che una manifestazione, un epifenomeno del deficit cognitivo, che pare così essere il principale fattore coinvolto nell'insorgenza della malattia. Vallar e Ronchi non sottopongono questo risultato ad un'adeguata discussione. Si limitano infatti a citare, come possibile strumento interpretativo, la teoria di Botvinick e Cohen basata su un modello connessionista di rete neurale biologica.²⁷

Tuttavia, la breve rassegna di studi neuropsicologici presentata nel precedente paragrafo suggerisce l'opportunità di prendere in esame, come miglior candidato per un tale compito di interpretazione, l'approccio teorico misto introdotto da Tsakiris e Haggard e sviluppato poi da Tsakiris. Questo approccio consente infatti di caratterizzare i processi cognitivi implicati dalla struttura di auto-identificazione del sé con il corpo proprio. In altre

parole, l'architettura multilivello della teoria, composta da un livello base di integrazioni multisensoriali e da un livello superiore di rappresentazioni cognitive, fa sì che essa disponga delle risorse concettuali necessarie per rendere ragione della preponderanza del fattore cognitivo quale fattore patologico nell'insorgenza della malattia. Ciò in forza del ruolo centrale che la teoria attribuisce al modello corporeo nell'auto-identificazione dell'individuo con un corpo fisico, la struttura di incorporamento da cui, abbiamo visto, trae origine il sé reale.

5 Il dibattito sul sé corporeo minimale in filosofia della neuroscienza e in neurofilosofia

Lo sviluppo conosciuto negli ultimi decenni dalla neuropsicologia del sé corporeo minimale e della proprietà corporea ha generato un vivo dibattito nella comunità dei filosofi della neuroscienza e dei neurofilosofi. È noto come l'interesse dei primi si concentri su questioni fondazionali. Per citare solo un esempio, un tema discusso da importanti rappresentanti della filosofia della neuroscienza è la fondazione concettuale della(e) nozione(i) di rappresentazione adottata(e) nelle teorie neuroscientifiche.²⁸ I neurofilosofi, d'altro canto, affrontano problemi che hanno una lunga tradizione nella storia del pensiero filosofico, come il problema della coscienza, del sé e della volontà libera, connettendo a vari livelli e in diversi modi filosofia e neuroscienza.²⁹

Il dibattito aperto in filosofia della neuroscienza e in neurofilosofia dagli studi neuropsicologici sulla soggettività o autocoscienza corporea minimale presentati nei precedenti paragrafi concerne principalmente il piano discorsivo dell'ontologia. Due sono le questioni prominenti affrontate. Entrambe sono state sollevate a partire da una prospettiva filosofico-teoretica che iscrive la mente cosciente nella natura, nell'ordine degli eventi e dei processi naturali, il cosiddetto naturalismo ontologico.³⁰ La prima questione, trattata dai neurofilosofi, riguarda il tipo di ontologia che meglio interpreta i nuovi dati scientifici sul sé e sulla sua condizione minimale di incorporamento. La seconda questione problematizza lo stesso statuto ontologico del sé corporeo: i più aggiornati studi neuropsicologici parlano di schemi, di immagini e di modelli interni del corpo, non di un sé corporeo, che pare quindi essere una nozione non supportata da adeguate evidenze sperimentali. Benché ammessa dall'ontologia ingenua del senso comune e dal realismo metafisico di una certa filosofia del soggetto di ispirazione cartesiana, l'esistenza del sé corporeo sembra dover essere messa in dubbio dalla filosofia della neuroscienza.

Relativamente alla prima questione, possono essere individuate due classi di soluzioni. Una prima classe comprende soluzioni generali di ontologia neuroscientifica della coscienza in cui il sé corporeo

figura come uno dei numerosi temi affrontati. L'ontologia spaziotemporale elaborata da Northoff e collaboratori, per esempio, è stata presentata come «un'ontologia mondo-basata della coscienza situata in un mondo».³¹ Il punto di vista naturalistico è qui giustificato alla luce dell'individuazione di un livello ontologico più fondamentale di quello della coscienza fenomenale e del suo ambiente circostante, il livello delle interazioni neuro-ecologiche. A partire dall'organizzazione spaziale e temporale del mondo in cui è situato, il cervello umano costruisce una propria topografia (struttura spaziale) e una propria dinamica (struttura temporale), che si sono dimostrate scalabili lungo i diversi ordini dell'attività neurale – topografia e dinamica cerebrali sono implementate da segnali di diversa gamma di frequenza (bassa e alta). Questo complesso di relazioni spaziotemporali struttura la prospettiva in prima persona, il sistema di coordinate spaziotemporali del sé corporeo minimale.³²

Un'altra soluzione classificabile nel gruppo delle ontologie generali della coscienza è l'ontologia sensomotoria sviluppata, fra i vari, da Godfrey-Smith e Vallortigara.³³ Il *focus* dell'ontologia sensomotoria non è su relazioni – come è il caso invece dell'ontologia spaziotemporale –, bensì su meccanismi di controllo dell'azione, in particolare sul meccanismo di riafferenza del segnale efferente che sembra poter spiegare la formazione della (auto)coscienza nella sua condizione incorporata.³⁴ La seconda classe di soluzioni comprende ontologie specifiche del sé corporeo, come l'ontologia dei *patterns* promossa dal neuroscienziato e neurofilosofo Albert Newen.³⁵ Il sé è visto qui come un polo, un centro unificante del «flusso affettivo basilare della situazione»³⁶ composto da *patterns*, da regolarità di impressioni affettive registrate da una mente cosciente incorporata. Più precisamente, l'esistenza del sé corporeo è fondata sulla capacità di autorappresentazione propria di un organismo il cui sistema nervoso è sufficiente complesso da possedere meccanismi di integrazione dell'informazione relativa al corpo proprio.

La seconda questione, quella che problematizza lo statuto oggettivo del sé corporeo, è stata approcciata alla luce di due prospettive teoriche, entrambe influenti in filosofia della neuroscienza: un negazionismo radicale e un negazionismo moderato. Il lavoro di Metzinger esemplifica la prima prospettiva, secondo cui il sé non è un oggetto neuroscientifico.³⁷ Metzinger ritiene che tutti i fenomeni coscienti della psicologia del senso comune siano costruzioni risultanti da un'attività neurale di integrazione dei segnali che produce schemi, immagini e modelli autoreferenziali. Questa posizione sul sé corporeo e, più in generale, sulla soggettività o autocoscienza è guadagnata a partire da una discussione critica delle principali versioni di realismo ontologico storicamente formulate e da una interpretazione costruttivista delle evidenze empi-

riche delle IPC.³⁸ Un negazionismo meno radicale o moderato è stato sostenuto da autori quali Dennett e Hardcastle, per i quali il sé ha una esistenza oggettiva ma solo nel contesto di uno *storytelling*: il soggetto è un «centro di gravità narrativa».³⁹ Seguendo Schechtman, è possibile parlare di una struttura multi-livello dell'auto-narrazione dove figura anche un livello minimale o preriflessivo, in cui la codifica linguistico-simbolica del vissuto non è ancora presente.⁴⁰ In questa prospettiva, che approfondisce e chiarisce il concetto classico di sé narrativo, alcuni autori hanno teorizzato un rapporto di mutuo condizionamento fra una forma elementare di autocoscienza corporea e la capacità dell'essere umano di costruire storie individuali.⁴¹

6 Conclusione

Con il presente contributo si è inteso ripercorrere i principali risultati della ricerca contemporanea sul modello corporeo. La rassegna tematica condotta ha preso le mosse da un'interpretazione del modello corporeo contestuale alla teoria neuropsicologica del sé corporeo minimale, teoria che ha identificato nell'essere umano un sistema correlato neuro-fenomenale di distinzione fra corpo proprio e corpi altri dello spazio peripersonale. Si è visto come tre strutture di incorporamento siano qui coinvolte (auto-identificazione con un corpo fisico, auto-localizzazione nello spazio e prospettiva in prima persona) e come in relazione alla prima, cui corrisponde a livello fenomenale il senso di proprietà corporea, i neuropsicologi abbiano elaborato diversi approcci teorici, fra cui il più promettente è l'approccio misto che integra sensibilità corpo-relativa e modello interno del corpo. La modellizzazione cognitiva stabilizzerebbe il senso di proprietà corporea – altrimenti soggetto alla variabilità tipica dell'informazione sensoriale –, nella duplice accezione di fornire una rappresentazione del corpo proprio diacronica, continua nel tempo e non individuo-specifica.

Conclusivamente, segnaliamo alcuni problemi aperti nella neuropsicologia del modello corporeo che hanno dirette implicazioni filosofiche. Un primo problema riguarda la caratterizzazione del meccanismo funzionale del modello corporeo. Alcuni ricercatori hanno descritto i processi di *test-for-fit* come processi normativi: la rappresentazione cognitiva o modello interno del corpo opererebbe come una norma, uno standard che deve essere approssimato dal dato sensoriale di ingresso affinché il *target* percettivo sia incorporato dal titolare dell'esperienza, vissuto come parte del proprio corpo.⁴² Una tale caratterizzazione funzionale del modello corporeo necessita di una adeguata cornice teorico-concettuale che, a oggi, non è stata ancora elaborata. La transizione suggerita verso un discorso normativo solleva numerose questioni filosofiche, fra cui quelle che interessano il natura-

lismo inteso come prospettiva teoretica di riferimento. È possibile interpretare la normatività di tipo cognitivo descritta dai neuropsicologi in termini naturalistici? Esistono alternative plausibili a questa prospettiva filosofica? Recenti indagini focalizzate sul tema dell'incorporazione tecnologica hanno argomentato in direzione di un cambio radicale di punto di vista a favore di una fenomenologia critica della normatività che regola la riconfigurazione plastica dell'incorporamento nell'essere umano.⁴³

Altri problemi aperti nella ricerca neuropsicologica sul modello corporeo sono i problemi che riguardano la sua origine evolutiva e l'interazione con lo schema corporeo. È ipotizzabile che determinati meccanismi adattativi siano responsabili dell'evoluzione filogenetica delle basi neurobiologiche del modello nella specie *homo*. Identificare questi meccanismi è un importante compito di ricerca, a cui la neuropsicologia evolutiva non ha ancora risposto.⁴⁴ Anche a livello ontogenetico la neurobiologia del modello corporeo è in gran parte ignota. Passi in avanti sono stati fatti solo nella comprensione dei correlati psichici, grazie a lavori che hanno applicato le IPC allo studio dello sviluppo psicogenetico del senso di proprietà corporea.⁴⁵ Scarsa attenzione è stata infine riservata alla ricerca su specie e individui non umani.⁴⁶ Un'altra linea di indagine innovativa che, a differenza delle precedenti, si è però già consolidata in neuropsicologia è quella che tenta di spiegare l'interazione di diverse rappresentazioni corporee ed il ruolo che essa svolge nell'incorporamento umano. Lo schema e il modello corporeo esercitano un mutuo condizionamento. È stato dimostrato che il modello corporeo modula la percezione di auto-orientamento e di auto-motricità in soggetti adulti sani.⁴⁷ Il problema dell'interazione fra rappresentazioni corporee, in particolare fra rappresentazioni di tipo preriflessivo, ha evidenti risvolti in filosofia della neuroscienza e in neurofilosofia, risvolti che sono ancora poco indagati.⁴⁸

Note

¹ Si parla in questi casi, propriamente, di neuropsicologia sociale e di neuropsicologia evolutiva.

² La neuroanatomia studia l'organizzazione anatomica del sistema nervoso. La psicologia cognitiva indaga invece i processi mentali attraverso cui le informazioni ambientali sono acquisite elaborate, memorizzate e recuperate dal sistema cognitivo dell'essere umano. La psicologia comportamentale individua nel comportamento esplicito, osservabile l'unità di analisi della psicologia scientifica.

³ Cfr. S. DIEGUEZ, C. LOPEZ, *The bodily self: Insights from clinical and experimental research*.

⁴ Cfr. D. LEGRAND, *The bodily self: The sensorimotor roots of pre-reflective self-consciousness*.

⁵ D. LEGRAND, *Subjectivity and the body*, p. 578. Secondo la nota caratterizzazione introdotta nel 1980 da Maturana e Varela, un sistema biologico è autopoietico

quando è in grado ridefinire sé stesso attraverso continue auto-riproduzioni.

⁶ Cfr. O. BLANKE, M. SLATER, A. SERINO, *Behavioral, neural, and computational principles of bodily self-consciousness*. Come rilevato da Blanke e colleghi, la neuroanatomia delle tre strutture che compongono il sé corporeo minimale varia, benché sotto limitati aspetti, se si prendono in considerazione parti corporee ovvero l'intero corpo. In riferimento a quest'ultimo le evidenze empiriche conseguite sono assai più ridotte in numero. Lo stesso vale per i modelli teorici elaborati. È questa una delle ragioni per cui, in quanto segue, ci si focalizzerà su modelli sviluppati nel contesto di studi sull'incorporazione o auto-attribuzione di una parte corporea, la mano. Un'altra importante ragione, che si andrà esplicitando, è che la mano è il *target* somatico della classe di esperimenti che ha fornito un protocollo sperimentale alla ricerca sull'auto-identificazione del me reale.

⁷ Cfr. A. SERINO, A. ALSMITH, M. COSTANTINI, A. MANDRIGIN, A. TAJADURA-JIMENEZ, C. LOPEZ, *Bodily ownership and self-location: Components of bodily self-consciousness*.

⁸ M. TSAKIRIS, *My body in the brain*, p. 703 – trad. it. mia.

⁹ Cfr. R. LACKNER, *Some proprioceptive influences on the perceptual representation of body shape and orientation*.

¹⁰ Un terzo tipo di IPC, di minore impatto per quanto riguarda i risultati empirici e teorico-concettuali ottenuti per suo tramite, è l'illusione dell'auto-attribuzione di un viso estraneo. Nella sua versione originaria tale illusione mima quella della mano di gomma. La differenza è nello specifico *target* della stimolazione tattile (il viso invece che la mano) e nel coinvolgimento di un secondo soggetto umano posto di fronte al soggetto partecipante. Il viso alieno è un altro viso umano. Per un'introduzione al tema cfr. A. SFORZA, I. BUFALARI, P. HAGGARD, S.M. AGLIOTI, *My face in yours: Visuo-tactile facial stimulation influences sense of identity*.

¹¹ M. BOTVINICK, J. COHEN, *Rubber hands "feel" touch that eyes see*, p. 756 – trad. it. mia.

¹² Cfr. V.I. PETKOVA, H.H. EHRSSON, *If I were you: Perceptual illusion of body swapping*.

¹³ Cfr. M. TSAKIRIS, P. HAGGARD, *The rubber hand illusion revisited*, pp. 87-91.

¹⁴ Una trattazione estesa del tema è affrontata in K. KILTENI, A. MASELLI, K.P. KORDING, M. SLATER, *Over my fake body*.

¹⁵ In termini assai semplificati, una rete neurale biologica è un qualsiasi circuito formato da gruppi di neuroni che svolgono una determinata funzione fisiologica.

¹⁶ M. BOTVINICK, J. COHEN, *Rubber hands*, p. 756.

¹⁷ Cfr. K.C. ARMEL, V.S. RAMACHANDRAN, *Projecting sensations to external objects: Evidence from skin conductance response*.

¹⁸ Cfr. M. TSAKIRIS, P. HAGGARD, *The rubber hand illusion revisited*, pp. 89-90.

¹⁹ Cfr. *ivi*, pp. 87-91.

²⁰ Cfr. *ivi*, pp. 90-91. Per un'avanzata discussione dei limiti spaziotemporali all'incorporazione della mano di gomma cfr. M. CHANCEL, H.H. EHRSSON, *Which hand is mine? Discriminating body ownership perception in a two-alternative forced-choice task*.

²¹ Cfr. M. TSAKIRIS, *My body in the brain*.

²² Cfr. T.R. MAKIN, N.P. HOLMES, H.H. EHRSSON, *On the other hand: Dummy hands and peripersonal space*.

²³ K. KILTENI, A. MASELLI, K.P. KORDING, M. SLATER, *Over my fake body*, pp. 12-15.

²⁴ *Ivi*, p. 15.

²⁵ Cfr. G. VALLAR, R. RONCHI, *Somatoparaphrenia: A body delusion. A review of the neuropsychological literature*.

²⁶ Cfr. *ivi*, pp. 547-548.

²⁷ Cfr. *ivi*, p. 548.

²⁸ J. BICKLE, P. MANDIK, A. LANDRETH, *The philosophy of neuroscience*.

²⁹ Si distingue oggi fra un approccio riduzionista e un approccio non-riduzionista in neurofilosofia. Tale distinzione è tracciata valutando il tipo di rapporto che le neurofilosofie individuano fra filosofia e neuroscienza. L'approccio riduzionista stabilisce il primato teorico e metodologico della neuroscienza che, si ritiene, è in grado di risolvere ovvero di dissolvere come privi di validazione empirica tradizionali problemi filosofici. Questo approccio è esemplificato dal materialismo eliminativista di Patricia e Paul Churchland. L'approccio non-riduzionista insiste sul mutuo arricchimento delle due aree di ricerca. Un esempio di neurofilosofia non-riduzionista è quella sviluppata da Northoff in base a idee quali il pluralismo metodologico e l'iteratività concetto-fatto. Un'aggiornata rassegna delle proposte elaborate nel settore di ricerca della neurofilosofia è fornita in P. KLAR, *What is neurophilosophy: Do we need a non-reductive form?*.

³⁰ Cfr. M. REA, *World without design: The ontological consequences of naturalism*.

³¹ G. NORTHOFF, *Non-reductive neurophilosophy – What is it and how it can contribute to philosophy*, p. 25 – trad. it. mia.

³² Cfr. G. NORTHOFF, *The spontaneous brain: From the mind-body to the world-brain problem*.

³³ Cfr. P. GODFREY-SMITH, *Other minds. The octopus and the evolution of intelligent life*; G. VALLORTIGARA, *The rose and the fly. A conjecture on the origin of consciousness*.

³⁴ In tale contesto tematico un meccanismo di controllo è un sistema di regolamentazione di processi biologici. Esistono diverse formulazioni del meccanismo di riafferenza, introdotto nel 1950 da von Holst e Mittelstaedt e, indipendentemente, da Sperry. Quella che forse è la sua più recente formulazione afferma l'esistenza di due tipi di riafferenza. La riafferenza del primo tipo è quella classica della copia o scarica corollaria del segnale nervoso che corre lungo la via efferente (dal centro alla periferia del sistema nervoso), il segnale associato a un'azione motoria spontanea. La copia è riafferita, processata lungo la via nervosa afferente (dalla periferia al centro del sistema nervoso), come *feedback* dell'azione motoria secondo un meccanismo di comparazione che coinvolge anche la previsione dell'*input* sensoriale dell'azione motoria. La riafferenza del secondo tipo è un meccanismo non-classico di controllo consistente nel mancato processamento della copia del segnale efferente di una reazione motoria messa in campo dall'agente in risposta all'azione di stimolo subita passivamente. In questo caso non è data alcuna copia efferente dell'azione spontanea: il meccanismo di comparazione non si attiva e a venir processata è la sola informazione sensoriale, interpretata come copia efferente della reazione organica allo stimolo patito. Su questa formulazione del meccanismo di riafferenza del segnale si veda: G. VALLORTIGARA, *The efference copy signal as a key mechanism for consciousness*; G. JÉKELY, P. GODFREY-SMITH, F. KEIJZER, *Reafference and the origin of the self in early nervous system evolution*.

- ³⁵ Cfr. A. NEWEN, *The embodied self, the pattern theory of self, and the predictive mind*. La proposta di Newen può essere letta anche come una versione specifica della teoria dei *patterns* elaborata da Gallagher per il sé. In proposito cfr. S. GALLAGHER, *A pattern theory of self*.
- ³⁶ *Ivi*, p. 2 – trad. it. mia.
- ³⁷ Cfr. T. METZINGER, *The Ego-tunnel. The science of the mind and the myth of the self*.
- ³⁸ Cfr. T. METZINGER, *The no-self alternative*.
- ³⁹ Cfr. D.C. DENNETT, *Consciousness explained*.
- ⁴⁰ Questo livello minimale, preriﬂessivo dell’auto-narrazione è stato descritto come un mero «elencare in modo sequenziale gli eventi all’interno della propria storia» (M. SCHECHTMAN, *Stories, lives, and basic survival: A refinement and defense of the narrative view*, p. 159 – trad. it. mia).
- ⁴¹ Cfr. P. BRANDON, *Body and self: An entangled narrative*.
- ⁴² Cfr. H. DE PREESTER, M. TSAKIRIS, *Body-extension versus body-incorporation: Is there a need for a body-model?*.
- ⁴³ Cfr. M. PROPERZI, *Il modello corporeo: un’indagine sulla normatività dell’incorporamento di dispositivi biosintetici*.
- ⁴⁴ Per un’introduzione al settore disciplinare della neuropsicologia evolutiva cfr. F.L. COOLIDGE, *Evolutionary neuropsychology: An introduction to the evolution of the structures and functions of the human brain*.
- ⁴⁵ Cfr. E. NAVA, C. GAMBERINI, A. BERARDIS, N. BOLOGNINI, *Action shapes the sense of body ownership across human development*.
- ⁴⁶ Un’eccezione è il noto studio di Graziano sui *Macaca fascicularis*, cfr. M.S. GRAZIANO, *Where is my arm? The relative role of vision and proprioception in the neuronal representation of limb position*.
- ⁴⁷ Cfr. N. PREUSS, B.L. BRYNJARSDÓTTIR, H.H. EHRSSON, *Body ownership shapes self-orientation perception*.
- ⁴⁸ Cfr. Y. ATARIA, S. TANAKA, S. GALLAGHER, *Body schema and body image. New directions*.
- Riferimenti bibliografici**
- ARMEL, K.C., RAMACHANDRAN, V.S. (2003). *Projecting sensations to external objects: Evidence from skin conductance response*. In: «Proceedings of the Royal Society of London», vol. CCLXX, n. 1523, pp. 1499-1506.
- ATARIA, Y., TANAKA, S., GALLAGHER, S. (2021). *Body schema and body image. New directions*, Oxford University Press, Oxford.
- BICKLE, J., MANDIK, P., LANDRETH, A. (2019). *The philosophy of neuroscience*. In: E.N. ZALTA (ed.), *The Stanford encyclopedia of philosophy*, URL: <https://plato.stanford.edu/archives/fall2019/entries/neuroscience/>. Accesso in data 26 agosto 2022.
- BLANKE, O. (2012). *Multisensory brain mechanisms of bodily self-consciousness*. In: «Nature Review Neuroscience», vol. XIII, n. 8, pp. 556-571.
- BLANKE, O. (2013). *Neuroscience of self-consciousness and subjectivity*. In: A. BATTRO, S. DEHAENE, M. SÁNCHEZ SORONDO, W.J. SINGER (eds.), *Neurosciences and the human person: New perspectives on human activities*, Pontificia Academia Scientiarum, Città del Vaticano, pp. 106-118.
- BLANKE, O., METZINGER, T. (2009). *Full-body Illusions and minimal phenomenal selfhood*. In: «Trends in Cognitive Science», vol. XIII, n. 1, pp. 7-13.
- BLANKE, O., SLATER, M., SERINO, A. (2015). *Behavioral, neural, and computational principles of bodily self-consciousness*. In: «Neuron», vol. LXXXVIII, n. 1, pp. 145-166.
- BOTVINICK, M., COHEN, J. (1998). *Rubber hands “feel” touch that eyes see*. In: «Nature», vol. CCCXCI, n. 6669, p. 756.
- BRANDON, P. (2016). *Body and self: An entangled narrative*. In: «Phenomenology and the Cognitive Sciences», vol. XV, n. 1, pp. 67-83.
- CHANCEL, M., EHRSSON, H.H. (2020). *Which hand is mine? Discriminating body ownership perception in a two-alternative forced-choice task*. In: «Attention, Perception, and Psychophysics», vol. LXXXII, n. 8, pp. 4058-4083.
- COOLIDGE, F.L. (2020). *Evolutionary neuropsychology: An introduction to the evolution of the structures and functions of the human brain*, Oxford University Press, Oxford.
- CRAIG, A.D. (2002). *How do you feel? Interoception: The sense of the physiological condition of the body*. In: «Nature Reviews Neuroscience», vol. III, n. 8, pp. 655-666.
- DE PREESTER, H. (2011). *Technology and the body: The (im)possibilities of re-embodiment*. In: «Foundations of Science», vol. XVI, n. 2-3, pp. 119-137.
- DE PREESTER, H., TSAKIRIS, M. (2009). *Body-extension versus body-incorporation: Is there a need for a body-model?*. In: «Phenomenology and the Cognitive Sciences», vol. VIII, n. 3, pp. 307-319.
- DENNETT, D.C. (1992). *Consciousness explained*, Penguin Books, London.
- DIEGUEZ, S., LOPEZ, C. (2017). *The bodily self: Insights from clinical and experimental research*. In: «Annals of Physical and Rehabilitation Medicine», vol. LX, n. 3, pp. 198-207.
- GALLAGHER, S. (1986). *Body image and body schema: A conceptual clarification*. In: «Journal of Mind and Behavior», vol. VII, n. 4, pp. 541-554.
- GALLAGHER, S. (2013). *A pattern theory of self*. In: «Frontiers in Human Neuroscience», vol. VII, Art.Nr. 443 – doi: 10.3389/fnhum.2013.00443.
- GODFREY-SMITH, P. (2016). *Other minds. The octopus and the evolution of intelligent life*, HarperCollins Publishers, London.
- GRAZIANO, M.S. (1999). *Where is my arm? The relative role of vision and proprioception in the neuronal representation of limb position*. In: «Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America», vol. XCVI, n. 18, pp. 10418-10421.
- HONMA, M., YOSHIKE, T., IKEDA, H., KURIYAMA, K. (2018). *COMT genotype is associated with plasticity in sense of body ownership: A pilot study*. In: «Psychological Research», vol. LXXXII, n. 3, pp. 634-644.
- JÉKELY, G., GODFREY-SMITH, P., KEIJZER, F. (2021). *Re-afference and the origin of the self in early nervous system evolution*. In: «Philosophical Transactions of the Royal Society London B Biological Sciences», vol. CCCLXXVI, n. 1821, Art.Nr. 20190764 – doi: 10.1098/rstb.2019.0764.
- KILTENI, K., MASELLI, A., KORDING, K.P., SLATER, M. (2015). *Over my fake body: Body ownership illusions for studying the multisensory basis of own-body perception*.

- In: «Frontiers in Human Neuroscience», vol. IX, Art. Nr. 141 – doi: 10.3389/fnhum.2015.00141.
- KLAR, P. (2021) *What is neurophilosophy: Do we need a non-reductive form?*. In: «Synthese», vol. CXCIX, n. 1-2, pp. 2701-2725.
- LACKNER, R. (1988). *Some proprioceptive influences on the perceptual representation of body shape and orientation*. In: «Brain», vol. CXI, Pt. 2, pp. 281-297.
- LEGRAND, D. (2006). *The bodily self: The sensorimotor roots of pre-reflective self-consciousness*. In: «Phenomenology and the Cognitive Sciences», vol. V, n. 1, pp. 89-118.
- LEGRAND, D. (2007). *Subjectivity and the body: Introducing basic forms of self-consciousness*. In: «Consciousness and Cognition», vol. XVI, n. 3, pp. 577-582.
- LONGO, M.R., SCHÜÜR, F., KAMMERS, M.P.M., TSAKIRIS, M., HAGGARD, P. (2009). *Self-awareness and the body image*. In: «Acta Physiologica», vol. CXXXII, n. 2, pp. 166-172.
- MAKIN, T.R., HOLMES, N.P., EHRSSON, H.H. (2008). *On the other hand: Dummy hands and peripersonal space*. In: «Behavioral Brain Research», vol. CXCI, n. 1, pp. 1-10.
- METZINGER, T. (2009). *The Ego-tunnel. The science of the mind and the myth of the self*, Basis Books, New York.
- METZINGER, T. (2011). *The no-self alternative*. In: S. GALLAGHER (ed.), *The Oxford handbook of the self*, Oxford University Press, Oxford, pp. 279-296.
- NAVA, E., GAMBERINI, C., BERARDIS, A., BOLOGNINI, N. (2018). *Action shapes the sense of body ownership across human development*. In: «Frontiers in Psychology», vol. IX, Art.Nr. 2507 – doi: 10.3389/fpsyg.2018.02507.
- NEWEN, A. (2018). *The embodied self, the pattern theory of self, and the predictive mind*. In: «Frontiers in Psychology», vol. IX, Art.Nr. 2270 – doi: 10.3389/fpsyg.2018.02270.
- NORTHOFF, G. (2018). *The spontaneous brain: From the mind-body to the world-brain problem*, MIT Press, Cambridge (MA).
- NORTHOFF, G. (2022). *Non-reductive neurophilosophy – What is it and how it can contribute to philosophy*. In: «Journal of Neurophilosophy», vol. I, n. 1, pp. 17-30.
- PETKOVA, V.I., EHRSSON, H.H. (2008). *If I were you: Perceptual illusion of body swapping*. In: «PLOS ONE», vol. III, n. 12, Art.Nr. 3832 – doi: 10.1371/journal.pone.0003832.
- PREUSS, N., BRYNJARSDÓTTIR, B.L., EHRSSON, H.H. (2018). *Body ownership shapes self-orientation perception*. In: «Scientific Reports», vol. VIII, Art.Nr. 16062 – doi: 10.1038/s41598-018-34260-7.
- PROPERZI, M. (2022). *Il modello corporeo: un'indagine sulla normatività dell'incorporamento di dispositivi biosintetici*. In: «Filosofia Morale», vol. I, n. 1, pp. 105-126.
- REA, M. (2002). *World without design: The ontological consequences of naturalism*, Oxford University Press, Oxford.
- SCHECHTMAN, M. (2007). *Stories, lives, and basic survival: A refinement and defense of the narrative view*. In: «Royal Institute of Philosophy Supplements», vol. LX, pp. 155-178.
- SERINO, A., ALSMITH, A., COSTANTINI, M., MANDRIGIN, A., TAJADURA-JIMENEZ, A., LOPEZ, C. (2013). *Bodily ownership and self-location: Components of bodily self-consciousness*. In: «Consciousness and Cognition», vol. XXII, n. 4, pp. 1239-1252.
- SFORZA, A., BUFALARI, I., HAGGARD, P., AGLIOTI, S.M. (2010). *My face in yours: Visuo-tactile facial stimulation influences sense of identity*. In: «Social Neuroscience», vol. V, n. 2, pp. 148-162.
- TSAKIRIS, M. (2010). *My body in the brain: A neurocognitive model of body-ownership*. In: «Neuropsychologia», vol. XLVIII, n. 3, pp. 703-712.
- TSAKIRIS, M., COSTANTINI, M., HAGGARD, P. (2008). *The role of the right temporo-parietal junction in maintaining a coherent sense of one's body*. In: «Neuropsychologia», vol. XLVI, n. 12, pp. 3014-3018.
- TSAKIRIS, M., FOTOPOULOU, A. (2008). *Is my body the sum of online and offline body-representations?*. In: «Consciousness and Cognition», vol. XVII, n. 4, pp. 1317-1320.
- TSAKIRIS, M., HAGGARD, P. (2005). *The rubber hand illusion revisited: Visuotactile integration and self-attribution*. In: «Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance», vol. XXXI, n. 1, pp. 80-91.
- TSAKIRIS, M., SCHÜTZ-BOSBACH, S., GALLAGHER, S. (2007). *On agency and body ownership: Phenomenological and neurocognitive reflections*. In: «Consciousness and Cognition», vol. XVI, n. 3, 2007, pp. 645-660.
- VALLAR, G., RONCHI, R. (2009). *Somatoparaphrenia: A body delusion. A review of the neuropsychological literature*. In: «Experimental Brain Research», vol. CXCII, n. 3, pp. 533-551.
- VALLORTIGARA, G. (2021). *The efference copy signal as a key mechanism for consciousness*. In: «Frontiers in Systems Neuroscience», vol. XV, Art.Nr. 765646 – doi: 10.3389/fnsys.2021.765646.
- VALLORTIGARA, G. (2021). *The rose and the fly. A conjecture on the origin of consciousness*. In: «Biochemical and Biophysical Research Communications», vol. DLXIV, pp. 170-174.