



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

**Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della
Personalità**

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

Elaborato finale

**Dal corpo alla regolazione: il ruolo del
tocco affettivo nello sviluppo del sé
corporeo e nella regolazione autonoma**

**From body to regulation: the role of affective touch in the development of bodily self
and in autonomic regulation**

Relatrice

Prof.ssa Teresa Farroni

***Laureanda:* Irene Guglielminetti**

***Matricola:* 1235658**

Anno Accademico 2021/2022

Sommario

Introduzione	4
CAPITOLO 1 - Neurobiologia del tocco affettivo	6
1.1 Introduzione delle afferenze CT	6
1.2 Localizzazione e caratteristiche neurofisiologiche delle afferenze CT	7
1.3 Percorsi ascendenti ed elaborazione corticale	8
1.4 Ruoli funzionali del tocco mediato dalle afferenze CT	10
CAPITOLO 2 - Il ruolo del tocco affettivo nella costruzione del Sé corporeo	12
2.1 Definire il Sé corporeo	12
2.2 Lo sviluppo del Sé corporeo	14
2.3 I contributi del tocco affettivo al Sé corporeo	20
CAPITOLO 3 - Dal corpo alla regolazione: il ruolo del tocco affettivo nella regolazione autonomica	23
Conclusioni e prospettive future	27
Bibliografia	30

Introduzione

Il senso del tatto non ci permette soltanto di esplorare e manipolare gli oggetti che ci circondano, ma possiede anche un ruolo fondamentale nell'esplorazione del nostro stesso corpo e nello stabilire un contatto con gli altri. Nel 1939 venne individuata la presenza di meccanocettori a bassa soglia, innervati da fibre amieliniche di piccolo diametro nella pelle dell'uomo, a cui è stato successivamente riconosciuto un ruolo nel mediare il tocco affettivo. Tali afferenze, definite C-Tattili (CT), presentano una maggiore attivazione a stimolazioni tattili gentili, innocue e fornite ad una temperatura che coincide con la temperatura corporea umana. Inoltre, è stato dimostrato che l'attivazione delle fibre CT è associata ad un'esperienza soggettiva di piacevolezza. Nel primo capitolo del presente elaborato verranno espone le caratteristiche neurofisiologiche di tali afferenze, la loro localizzazione, le loro vie ascendenti e i loro diversi ruoli funzionali, al fine di sottolineare come questo insieme di afferenze cutanee si possa ritenere un sistema anatomicamente e funzionalmente distinto dalle altre fibre sensori-discriminative presenti nella pelle umana. Nello specifico si ritiene che il tocco affettivo sia implicato nel trasmettere informazioni di natura affiliativa, affettiva e motivazionale. Tali funzioni sono essenziali fin dalle primissime fasi di vita, suggerendo l'importanza che la prossimità fisica e il contatto corporeo rivestono nelle interazioni tra i caregiver e bambini per favorirne lo sviluppo, in particolare nei loro primi mesi di vita. Nel contesto di prossimità e contatto fisico che si delinea nelle prime interazioni diadiche, il tocco affettivo fornito dal caregiver, potrebbe essere rilevante sia come strumento di regolazione autonoma, sia per far sperimentare al bambino i propri confini corporei, modulare l'attenzione verso le sensazioni provenienti dal suo stesso corpo, nonché contribuire alla sua consapevolezza corporea. Nel secondo capitolo verrà indagato il ruolo del tocco affettivo per lo sviluppo e la modulazione della consapevolezza corporea prendendo in considerazione studi condotti su neonati, infanti e adulti. In particolare verrà definito il concetto di "sé minimo" come prima forma di esperienza di sé che non coinvolge processi cognitivi superiori e che pertanto emerge fin dal periodo neonatale. Nel terzo capitolo, verrà affrontato il ruolo del tocco affettivo per la regolazione autonoma ed infine verranno sottolineate eventuali criticità e aperte prospettive circa possibili studi

che aiutino la comprensione di come il tocco affettivo possa modulare la nostra esperienza di consapevolezza corporea.

CAPITOLO 1 - Neurobiologia del tocco affettivo

1.1 Introduzione delle afferenze CT

La pelle umana è innervata da diversi tipi di afferenze sensoriali primarie che vengono classificate in base al loro diametro e al grado di mielinizzazione. Questi parametri determinano la velocità di conduzione degli impulsi elettrici e conseguentemente il tipo di risposta agli stimoli tattili. Le fibre più grosse e mielinizzate, sono le fibre A β le quali innervano meccanocettori a bassa soglia e sono deputate all'elaborazione di informazioni aptiche fondamentali per l'esplorazione e la manipolazione degli oggetti. Le fibre A δ sono amieliniche e innervano nocicettori e recettori del freddo al fine di trasmettere informazioni utili al mantenimento dell'omeostasi. Infine le fibre più sottili e amieliniche corrispondono al gruppo C e innervano nocicettori, recettori del caldo e del freddo, recettori del prurito e meccanocettori a bassa-soglia (C-tattili, CT) che rispondono a stimoli in movimento con una bassa forza e ridotta velocità (Varlamov *et al.*, 2020).

Storicamente la modalità sensoriale del tatto è stata studiata alla luce delle funzioni principalmente legate all'attivazione delle fibre A β , tra cui la capacità di discriminare sottili differenze tra stimoli tattili e per il loro legame con il controllo motorio. Infatti, per molto tempo la sensibilità tattile è stata considerata mediata solamente da meccanocettori a bassa-soglia con afferenze sensoriali A β , che con il loro grande diametro e la struttura mielinizzata, possono condurre con grande velocità l'impulso elettrico. La velocità di conduzione di tali fibre risulta fondamentale per fornire una risposta rapida e coerente allo stimolo con cui siamo entrati in contatto, per il controllo motorio o per innescare un riflesso. Nel 1939 Zotterman individuò una diversa classe di meccanocettori a bassa soglia innervati da afferenze non mielinizzate di diametro minore (Zotterman, 1939; Iggo e Kornhuber, 1977; Kumazawa & Perl, 1977b). Tali fibre sono state individuate in diversi mammiferi, tra cui ratti e primati non umani (Kumazawa & Perl, 1977; Fang *et al.*, 2005) e sono state definite C-LTM. Inoltre, studi di microneurografia, che consentono la registrazione di singole afferenze dei nervi periferici, hanno permesso di individuare anche nella cute del volto e dell'avambraccio dell'uomo un omologo

di queste afferenze, che sono state definite CT (Johansson *et al.*, 1988; Nordin, 1990; Vallbo *et al.*, 1999).

1.2 Localizzazione e caratteristiche neurofisiologiche delle afferenze CT

Negli ultimi 30 anni, dalla scoperta delle fibre CT, si è ritenuto che non fossero presenti nella pelle glabra, come quella dei palmi, poiché durante gli studi di microneurografia si riscontravano solamente afferenze A β ; ciò è coerente con il fatto che la pelle del palmo viene stimolata durante l'esplorazione tattile e l'identificazione degli oggetti e dunque abbia una prevalenza di afferenze A β implicate nella discriminazione degli oggetti. Tuttavia, più recentemente, sarebbero emerse prove della presenza di afferenze CT anche nella pelle glabra della mano con le medesime caratteristiche di quelle presenti nella pelle pelosa dell'avambraccio (Watkins *et al.*, 2021).

La velocità di conduzione delle afferenze CT varia tra 0.5 e 2 m/sec, dunque sono molto più lente nella trasmissione dell'impulso elettrico rispetto alle afferenze A β che possono raggiungere una velocità di trasmissione fino a 80m/sec. Inoltre, le afferenze CT rispondono in maniera preferenziale a stimoli di bassa intensità e con un ristretto range di velocità, compresa tra 1-10cm/sec. In particolare, la relazione tra la velocità della carezza e la scarica delle fibre assume graficamente una forma ad U rovesciata, il cui picco massimo di scarica è raggiunto quando la carezza ha una velocità intermedia tra i 3 e i 5cm/sec, mentre risposte molto più deboli vengono fornite a stimoli a bassa ed alta velocità. Queste caratteristiche di risposta sono molto diverse rispetto a quelle delle fibre A β che rispondono a qualsiasi stimolazione meccanica venga sottoposta, mostrando una relazione lineare tra la velocità di stimolazione meccanica ricevuta e velocità di scarica (Essick *et al.*, 2010; Olausson *et al.*, 2010). Inoltre, le afferenze CT mostrano una modulazione della risposta in base alla temperatura dello stimolo. In particolare, l'intensità di scarica di queste fibre è massima per stimoli aventi una temperatura intorno ai 37°, corrispondente a quella corporea, mentre si riduce per stimoli più freddi o più caldi (Ackerley *et al.*, 2014).

1.3 Percorsi ascendenti ed elaborazione corticale

Le afferenze A β , i cui corpi cellulari sono localizzati nella lamina V del midollo spinale, ascendono lungo la colonna dorsale, per proiettare alla corteccia somatosensoriale primaria e secondaria attraversando i nuclei talamici ventrali posterolaterali (Björnsdotter *et al.*, 2010; Andrew, 2010; McGlone *et al.*, 2014). Diversamente, i segnali derivanti dall'attivazione delle afferenze CT ascendono dai neuroni della lamina I del corno dorsale del midollo spinale, insieme ad altre afferenze non mielinizzate, proiettando attraverso il tratto spino-talamico e raggiungendo i nuclei talamici ventrali posteriori, nonché il nucleo ventro-mediale posteriore (VMpo) e il nucleo inferiore posteriore ventrale (VPI). Successivamente raggiungono la corteccia insulare per poi proiettare alla corteccia orbitofrontale mediale, alla corteccia prefrontale dorsolaterale e al solco temporale superiore posteriore (Andrew, 2010; Löken *et al.*, 2010; Gordon, 2013; McGlone *et al.*, 2014).

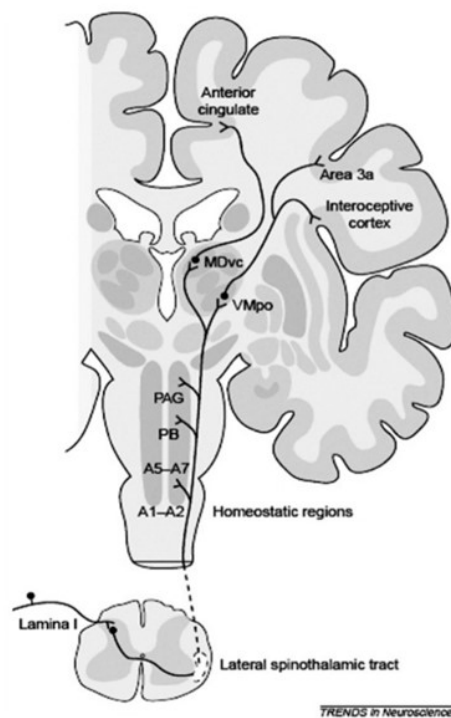


Fig. 1.3. Spinothalamocortical pathway of CT afferents: CT-system carry sensory information from Lamina I via the thalamus to anterior cingulate and insular cortices. Note also projections to homeostatic regions of the brainstem and to area 3a of the primary somatosensory cortex. From McGlone et al, 2007.

Figura 1. Tratto spinothalamocorticale delle afferenze CT: le informazioni dalle afferenze CT vengono trasportate dalla Lamina I al cingolo anteriore e alle cortecce insulari attraverso il talamo. Alcune afferenze proiettano anche alle regioni omeostatiche del tronco encefalico e all'area 3a della corteccia somatosensoriale primaria. Da McGlone et al, 2007, p. 179, tda..

Per quanto riguarda il processamento corticale del tocco affettivo, gli studi che hanno cercato di individuare le aree che supportano specificatamente l'elaborazione delle informazioni provenienti dalle afferenze CT, sono stati condotti principalmente con tecniche di neuroimaging, come la Risonanza Magnetica Funzionale (fMRI) basata sulla rilevazione del segnale BOLD. In questi studi per cogliere selettivamente le aree implicate nell'elaborazione del tocco affettivo e disambiguarle da quelle coinvolte nell'elaborazione delle stimolazioni provenienti dalle afferenze A β , data la loro copresenza nella pelle che ne impedisce la stimolazione selettiva, sono state manipolate le caratteristiche fisiche delle stimolazioni tattili (come le velocità e il tipo di materiale), la sede di stimolazione (pelle pelosa vs pelle glabra). Dai risultati è emerso che il tocco affettivo attiva principalmente l'insula posteriore, e altre regioni del cervello sociale, come la corteccia pre-frontale mediale, il solco temporale superiore posteriore, la corteccia orbito-frontale e la corteccia cingolata dorso-anteriore, note per il loro ruolo nell'elaborazione socio-affettiva (McGlone *et al.*, 2012; Björnsdotter *et al.*, 2011; Gordon, 2013; Case *et al.*, 2016; Bennett *et al.*, 2014). Differentemente, la corteccia somatosensoriale primaria e secondaria risultano come i principali bersagli delle afferenze A β (McGlone *et al.*, 2012). L'insula è una regione coinvolta in numerosi processi e comportamenti che riguardano l'interocezione, la consapevolezza del movimento del corpo, il senso di proprietà corporea e la costruzione di una percezione emotiva soggettiva; nello specifico sembra avere un ruolo nella costruzione di rappresentazioni interoceptive che potrebbero essere alla base dei sentimenti soggettivi, della consapevolezza delle proprie condizioni corporee e del senso di sé (Craig, 2009). Il solco temporale superiore contiene aree correlate all'elaborazione di stimoli sensoriali rilevanti sul piano sociale ed emotivo ed importanti per la teoria della mente (Patel *et al.*, 2019), la corteccia prefrontale mediale è implicata nell'espressione e nella soppressione di comportamenti emotivi e nell'assegnazione del valore affettivo (Lawther *et al.*, 2020) e la corteccia orbitofrontale la cui attività è correlata alle valutazioni di piacevolezza per stimoli di diversa natura sensoriale e nel fornire rappresentazioni di stimoli gratificanti e di rinforzo (Rolls *et al.*, 2008).

La differenziazione delle aree corticali è avvenuta anche grazie a studi condotti su rare popolazioni cliniche con deficit selettivi in specifici percorsi tattili, come nello studio del caso singolo di Olausson e colleghi (2002) con un soggetto affetto da polineuropatia (GL), il quale aveva perso permanentemente le grandi afferenze sensoriali primarie in quasi tutto il corpo. Nello studio è stata condotta un'indagine tramite risonanza magnetica funzionale durante la stimolazione tattile ottimale per la afferenze CT: in tutti i soggetti di controllo le carezze sottoposte hanno attivato la corteccia somatosensoriale primaria e secondaria, la corteccia insulare controlaterale e la corteccia premotoria controlaterale. Nel soggetto GL l'attivazione è stata osservata bilateralmente nella regione insulare, in particolare nella corteccia insulare anteriore e posteriore, oltre che nella corteccia premotoria, mentre non si è verificata attivazione delle aree somatosensoriali (Olausson *et al.*, 2002). Questo risultato suggerisce che l'attivazione delle cortecce somatosensoriali nei soggetti sani avvenga in quanto la stimolazione tattile leggera attiva anche le afferenze A β e non solo le CT poiché entrambe sono localizzate sulla pelle pelosa e sensibili alle caratteristiche di quegli stimoli; al contrario nel soggetto con neuropatia in cui è possibile la stimolazione selettiva delle afferenze CT è emerso il ruolo della corteccia insulare nell'elaborazione del tocco affettivo (Olausson *et al.*, 2002).

1.4 Ruoli funzionali del tocco mediato dalle afferenze CT

Un aspetto particolarmente rilevante è che l'attivazione delle fibre CT correla con la piacevolezza riportata dai partecipanti: la valutazione edonica positiva assume infatti una funzione a forma di U capovolta in relazione alla velocità di stimolazione, con il picco di piacevolezza per quegli stimoli la cui velocità è ottimale per l'attivazione delle afferenze CT (Essick *et al.*, 2010). Il legame tra attivazione del sistema C-tattile e la risposta soggettiva dei partecipanti, ha spinto i ricercatori a formulare diverse ipotesi sul loro ruolo funzionale delle fibre CT.

Diversi autori assumono la possibilità che l'esperienza edonica che accompagna la stimolazione ottimale delle afferenze CT sia legata a un'esperienza tattile specifica e distinta dalle altre funzioni aptiche del tatto. Nello specifico, il sistema CT potrebbe avere un ruolo fondamentale all'interno del

dominio sociale come una componente sensoriale coinvolta nella promozione e nel mantenimento delle relazioni sociali (Olausson *et al.*, 2010; McGlone *et al.*, 2014; Croy *et al.*, 2022). Questa ipotesi tiene conto, non solo della piacevolezza associata alla stimolazione, ma anche delle caratteristiche fisiche della stimolazione ottimale per le afferenze CT, le quali coincidono con le proprietà meccaniche e termiche del contatto fisico che gli esseri umani stabiliscono spontaneamente all'interno delle loro relazioni significative (Croy *et al.*, 2016; Strauss *et al.*, 2020). Questa ipotesi si basa su una letteratura che ha messo in evidenza come la stimolazione di tali fibre sia in grado di produrre dei cambiamenti tonici o transienti sul piano fisiologico, comportamentale e dell'esperienza soggettiva. La stimolazione CT genera una risposta fisiologica e comportamentale di orientamento che diventa rilevante sul piano sociale, modulando l'interesse verso il contatto corporeo ed affettivo e favorendo la valutazione della valenza del contesto. Inoltre, il tocco affettivo promuove l'autoregolazione autonoma, una diminuzione del dolore e dello stress sia nell'età evolutiva che negli adulti (Walker *et al.*, 2022; Croy *et al.*, 2022). Questo suggerisce che il contatto umano, mediato dall'attivazione del sistema CT, può assumere una funzione di regolazione socio-affettiva. Strettamente legato al loro ruolo funzionale nella regolazione socio-affettiva è il possibile contributo di queste afferenze nell'interocezione e nella regolazione fisiologica per l'omeostasi corporea. Questa ipotesi viene avanzata da Craig (2002) il quale ridefinisce il concetto di interocezione, che storicamente veniva definita come l'insieme di informazioni dirette al cervello proveniente dai tessuti interni, a favore di una concettualizzazione che tiene conto delle proprietà fisiologiche e dei percorsi neurali delle afferenze del sistema nervoso (Craig, 2002). In questa prospettiva la pelle s'inserisce all'interno del sistema interocezionale come un tessuto in grado di fornire informazioni su aspetti interni ed esterni al corpo (Crucianelli *et al.*, 2022), in cui le afferenze CT (condividendo le proprietà fisiologiche e i percorsi ascendenti delle vie interocezionali) costituirebbero un ramo afferente del sistema nervoso simpatico che contribuisce con informazioni affettive le quali possono motivare i comportamenti volti a soddisfare bisogni regolatori e affiliativi (Craig, 2002; Olausson *et al.*, 2010).

CAPITOLO 2 - Il ruolo del tocco affettivo nella costruzione del Sé corporeo

2.1 Definire il Sé corporeo

L'esperienza del nostro corpo è una componente fondamentale del nostro senso di Sé che, a differenza della percezione degli oggetti del mondo esterno, è sempre e costantemente sperimentato attraverso informazioni di diversa natura sensoriale che vengono integrate tra loro. La rappresentazione del proprio corpo si basa su informazioni percettive che provengono dall'esterno, da informazioni propriocettive e vestibolari, che si originano attraverso gli input provenienti dai muscoli e dalle articolazioni informando il cervello della posizione dei diversi segmenti corporei e della posizione del corpo e della testa permettendo di sviluppare il *sensazione* del movimento. Inoltre, contribuiscono le informazioni interocettive, provenienti dall'interno del corpo, che informano il cervello dello stato fisiologico momento per momento (Riva, 2018; Azañòn *et al.*, 2016). Tutte queste informazioni vengono inoltre integrate con informazioni di natura sociale, culturale e con le rappresentazioni del corpo rese possibili da processi cognitivi superiori (Riva, 2018). Dunque l'esperienza e la consapevolezza del proprio corpo, definite come Sé corporeo, sono una rappresentazione di natura fondamentalmente multisensoriale.

La complessità del concetto di sé corporeo si estende ben oltre alla sua natura multisensoriale, ed è evidente dall'ampia quantità di concettualizzazioni che ne sono state date all'interno delle scienze cognitive e della filosofia della mente. Nell'estesa letteratura sul sé, Gallagher (2000) individua come diverse concettualizzazioni pongano una comune distinzione tra forme di "sé minimo" e di "sé narrativo" (Gallagher, 2000). Il sé minimo viene definito come << [...] *quella coscienza di sé come soggetto immediato dell'esperienza* [...] >> (Gallagher, 2000, p. 15, tda) privo di estensione temporale, pre-riflessivo e non concettuale. Due aspetti principali del sé minimo sono il *sensazione di proprietà corporea*, ovvero la sensazione di essere ciò che sta vivendo la data esperienza, e il *sensazione di agentività*, ovvero la sensazione di essere origine e causa dell'azione (Georgie *et al.*, 2019). Al contrario il sé narrativo implica un senso di sé coerente basato su un'estensione temporale, capacità rappresentazionali e processi cognitivi superiori, come la memoria episodica (Gallagher 2000).

Queste due diverse nozioni di sé sono rilevanti per lo studio del sé corporeo, soprattutto in ottica evolutiva, in quanto permettono di tenere conto del rapporto tra il progressivo sviluppo cognitivo e le diverse forme ed esperienze di sé che si possono sperimentare. Il sé minimo ci permette di fare riferimento ad un'esperienza in termini di *consapevolezza corporea*, dunque la capacità del soggetto di riconoscere e percepire il proprio corpo come separato dal mondo esterno nonostante l'imaturità dei processi cognitivi superiori, considerando il senso di agentività e di proprietà corporea come sue dimensioni fondamentali (Craig, 2002; Gallagher, 2000).

I due principali paradigmi sperimentali per l'indagine della consapevolezza corporea sono il paradigma dell'*illusione della mano di gomma* e dell'*enfacement*. L'illusione della mano di gomma (Botvinick & Cohen, 1998) è uno dei paradigmi più usati per lo studio dei processi alla base del sé minimo (Georgie *et al.*, 2019). In questo paradigma il partecipante osserva un arto fittizio posizionato in modo anatomicamente plausibile, mentre il proprio braccio reale viene nascosto. Entrambi gli arti, sia quello vero che quello fittizio, vengono stimolati tattilmente in modo spazialmente e temporalmente congruente. L'integrazione dell'informazione somatosensoriale proveniente dal proprio arto con l'informazione visiva proveniente dall'arto fittizio, generano un'illusione corporea in cui i partecipanti localizzano la sensazione tattile sul braccio fittizio che pertanto viene soggettivamente percepito come proprio. Inoltre, quando viene chiesto di localizzare la posizione del proprio braccio, i partecipanti tendono ad indicare un punto intermedio tra la reale posizione del proprio braccio e la posizione in cui si trova il braccio fittizio (deriva propriocettiva). In fine, in risposta ad una minaccia verso l'arto fittizio incorporato, i soggetti possono sperimentare risposte di conduttanza cutanea e stati affettivi congruenti a quelli che sperimenterebbero in situazioni di minaccia e paura verso il proprio stesso corpo (Armel & Ramachandran, 2003).

Il paradigma dell'*enfacement* permette di misurare i cambiamenti impliciti nella capacità di riconoscere/discriminare il proprio volto e quello di un altro (Tsakiris, 2008). In questo paradigma il partecipante è seduto di fronte ad un'altra persona ed entrambi ricevono la stessa stimolazione tattile

e in modo simultaneo sul proprio volto. Prima e dopo questa fase al partecipante viene chiesto di indicare se il volto presentato è il suo o quello di un'altra persona utilizzando diverse immagini realizzate tramite una tecnica di *morphing* che unisce tratti di due volti in diverse percentuali. A seguito della manipolazione i partecipanti tendono a riconoscere come proprie immagini di volti in cui sono presenti percentuali più alte del volto dell'altro rispetto alla fase di pre-test. Queste illusioni suggeriscono che la rappresentazione del proprio corpo e del proprio volto sono flessibili e sensibili alla manipolazione di informazioni multisensoriali, inoltre possono indurre l'attribuzione o la diminuzione di bias relativi al corpo e modificare la rappresentazione dello spazio peri-personale (Porciello *et al.*, 2018).

2.2 Lo sviluppo del Sé corporeo

Sin dalla vita intrauterina il feto è sottoposto a stimolazioni di diversa natura sensoriale derivanti dal mondo esterno, dall'ambiente intrauterino e dai movimenti che egli stesso compie. La sensibilità alle informazioni che lo raggiungono dipende dalla progressiva maturazione dei sistemi sensoriali durante la vita intra-uterina, di cui il tatto costituisce il primo senso a svilupparsi sia dal punto di vista anatomico che funzionale (Reissland & Austen, 2018). A partire dalla sesta settimana di gestazione è possibile osservare i primi movimenti del feto, semplici e stereotipati che successivamente, saranno presenti con frequenze differenti lungo le diverse settimane di gestazione e con caratteristiche dipendenti dal livello di sviluppo fisico e funzionale del feto (Fagard *et al.*, 2018).

Il ruolo del tatto e dei movimenti fetali, in particolare dei movimenti generali e dei movimenti isolati, potrebbe essere particolarmente rilevante per una prima esperienza del proprio corpo che rappresenta il prerequisito per il graduale emergere della consapevolezza corporea. Myowa-Yamakoshi e colleghi (2006) attraverso uno studio condotto su feti umani tra le 19 e le 35 settimane di gestazione con ecografia 4D, che permette l'osservazione dei movimenti dinamici del corpo, hanno individuato come durante i movimenti della mano diretti alla bocca quest'ultima venisse aperta durante il movimento

ancora in corso, rivelando una capacità di anticipazione da parte dei feti. Inoltre, questi movimenti non sono stati considerati prodotti in modo casuale, in quanto venivano ripetuti 1,5 volte entro intervalli di 30 secondi. Gli autori hanno suggerito come questi risultati indichino come i feti possano impiegare i movimenti di coordinazione mano-bocca per esplorare le relazioni inter-sensori-motorie dei loro corpi al fine di agevolare lo sviluppo del sé corporeo (Myowa-Yamakoshi & Takeshita, 2006). Un altro gruppo di ricerca ha indagato le caratteristiche del movimento della mano diretto alla bocca e all'occhio a 14, 18 e 22 settimane di gestazione attraverso un'ecografia 4D conducendo un'analisi cinematica dei movimenti. È emerso come a partire dalle 22 settimane di gestazione il movimento della mano verso il bersaglio (occhio o bocca) risultasse più lineare e diretto. Inoltre, l'accelerazione e la decelerazione del movimento variava a seconda del bersaglio: in tutti i feti i movimenti diretti alla bocca erano più brevi (quindi più veloci) rispetto a quelli diretti all'occhio i quali comportavano un tempo di decelerazione del movimento più lungo. Questi risultati, secondo gli autori, suggeriscono che il feto fosse in un certo grado capace di controllare e pianificare il movimento a seconda della dimensione e della delicatezza del bersaglio corporeo (Zoia *et al.*, 2007).

È importante notare che il comportamento motorio del feto possiede alcune caratteristiche fondamentali per lo sviluppo sensomotorio del neonato, come la capacità di ripetere di azioni che portano ad un effetto, la manifestazione di forme di intenzionalità e di controllo motorio e la capacità di rilevare contingenze sensorimotorie (Fagard *et al.*, 2018). Tutti questi aspetti rappresentano la base per la capacità di distinguere il proprio corpo da quello degli altri e sviluppare un precoce senso del Sé corporeo. Inoltre, durante i movimenti i feti possono entrare a contatto, attraverso il tatto, con diverse parti del loro corpo sperimentandone le diverse variazioni di sensibilità (Reissland & Austen, 2018). L'importanza del movimento e della stimolazione tattile che ne consegue deriva dal fatto che attraverso di esso, il feto e poi il bambino, può volontariamente o meno campionare il mondo esterno e il proprio stesso corpo, sperimentando i feedback sensoriali percettivi, propriocettivi e vestibolari che lo accompagnano. Sembrerebbe che i feti, lungo lo sviluppo intrauterino, indirizzino i loro movimenti verso le parti del proprio corpo più sensibili e dunque in grado di produrre feedback

sensoriali più intensi (Jacquey *et al.*, 2020). Infatti, l'auto-tocco (o tocco autogenerato) è considerato da diversi autori come un primo modo attraverso cui è possibile costruire delle rappresentazioni sensomotorie del Sé poiché permetterebbe di stabilire connessioni tra mappe sensoriali e motorie, organizzando le relazioni tra azioni e percezioni conseguenti (Georgie *et al.*, 2019).

Gli studi sui neonati hanno indagato la consapevolezza corporea attraverso la capacità del infante di rilevare la sincronia intermodale correlata al corpo, ovvero la capacità di cogliere la co-occorrenza tra input di diversa natura sensoriale. Ad esempio Rochat e Hespos (1997) hanno osservato come neonati di 24 ore fossero in grado di discriminare la stimolazione autoprodotta da quella prodotta da un oggetto esterno attraverso l'osservazione del riflesso di rooting. Hanno rilevato come il riflesso fosse innescato in proporzioni maggiori dalla stimolazione operata dallo sperimentatore, piuttosto che da quella autoprodotta dal neonato stesso. Gli autori individuano alla base di questa capacità di discriminazione l'assenza o la presenza del feedback propriocettivo contingente, il quale co-occorre alla stimolazione tattile solamente quando il tocco è autoprodotta. Tale feedback permetterebbe al neonato di avere un'esperienza precoce di sé come entità separata (Rochat & Hespos, 1997). Inoltre, Filippetti e colleghi (2013) hanno mostrato come la distinzione tra sé e non-sé possa essere guidata anche dal rilevamento della sincronia intermodale di informazioni afferenti, in assenza di feedback propriocettivi prodotti d'azioni autogenerate. Attraverso un paradigma di preferenza visiva, hanno sottoposto dei neonati con poche ore di vita (da 12 a 109 ore), a condizioni di stimolazione visuo-tattile sincrona o asincrona rilevante per il corpo o non rilevante per il corpo. La stimolazione visiva consisteva in una videoregistrazione off-line di un volto dinamico di un neonato che riceveva una stimolazione tattile congruente con quella ricevuta dal neonato, ma che poteva essere sincrona o asincrona. Questa stimolazione visiva era relativa al corpo quando il volto presentato nella videoregistrazione era in posizione naturale, mentre era *non*-rilevante per il corpo quando il volto dinamico era presentato capovolto. Inoltre, il volto dinamico presentato era pre-registrato al fine di escludere il feedback visivo dei movimenti autogenerati dal neonato stesso. Dai risultati è emerso come la preferenza visiva fosse presente solamente nella condizione in cui il volto dinamico era

rilevante per il corpo (volto dritto), dove si verificavano tempi di fissazione più lunghi per la stimolazione visuo-tattile sincrona. Al contrario nella condizione in cui gli stimoli erano non-rilevanti per il corpo (volto capovolto) non si è verificata alcuna preferenza visiva, né nella condizione di sincronia, né in quella di asincronia. Questi risultati suggeriscono che i neonati potrebbero essere in grado di differenziare tra se stessi e gli altri, in assenza di segnali motori, anche grazie al rilevamento delle contingenze visuo-tattili (Filippetti *et al.*, 2013). Inoltre, poiché la preferenza visiva non si è verificata nelle condizioni con il volto invertito è stato ipotizzato che i neonati possiedano delle predisposizioni riguardo modelli corporei naturalistici che guidano l'attenzione e la codifica verso di loro (Montirosso & McGlone, 2020).

Nei paradigmi di enfacement e dell'illusione della mano di gomma, condotti su soggetti adulti, è emerso come il senso di proprietà corporea fosse più intenso in contesti di stimolazione visuo-tattile sincrona sia temporalmente che spazialmente. Dunque il volto altrui o l'arto fittizio sono sentiti come propri quando sono stimolati contemporaneamente e nello stesso punto della superficie corporea (Tsakiris, 2008; Apps *et al.*, 2015). Questo indica che l'informazione spazialmente congruente, tra ciò che il soggetto sente (informazione tattile) e ciò che osserva (informazione visiva), è fondamentale per il senso di proprietà corporea. Nei neonati è stata indagata la sensibilità all'informazione spaziale relativa al corpo attraverso un paradigma di preferenza visiva. Nello studio i neonati sono stati sottoposti a stimolazioni visuo-tattili sincrone spazialmente congruenti o spazialmente non congruenti. Dai risultati è emerso che il maggior tempo di fissazione era manifestato per le condizioni in cui la stimolazione visiva e tattile era congruente spazialmente, nonostante anche la condizioni di incongruenza fossero sincrone (Filippetti *et al.*, 2015). Secondo le autrici questo potrebbe indicare che sin dai primi momenti di vita anche i neonati sono in grado di rilevare le informazioni spaziali connesse al proprio corpo. Tale rilevamento potrebbe anche essere una capacità fondamentale per l'infante per localizzarsi nello spazio (Riva, 2018).

Inoltre, è stata indagata l'attivazione di aree corticali cerebrali note per il loro coinvolgimento nella percezione corporea attraverso *spettrografia funzionale nel vicino infrarosso – fNIRS* in infanti di 5 mesi. I due esperimenti condotti prevedevano entrambi la presentazione (sincrona vs asincrona) di video dal vivo del volto stesso dell'infante. In questo modo si forniva al partecipante una stimolazione visuo-proprioceettiva. Nel secondo esperimento, oltre il video dal vivo che forniva informazioni visuo-proprioceettive, veniva introdotta anche la stimolazione visuo-tattile, dato che i bambini ricevevano stimolazioni tattili sul volto. Nel primo esperimento l'analisi ha mostrato una risposta emodinamica maggiore nella condizione sincrona, rispetto quella asincrona, in un canale situato sopra la regione posteriore destra del solco temporale superiore (STS). Anche nel secondo esperimento la risposta emodinamica maggiore si è verificata nella condizione sincrona, nello specifico si è prodotta un'attivazione bilaterale in quattro canali in corrispondenza del STS e della giunzione temporo-parietale (TPJ). È stato anche condotto un confronto tra le condizioni sincrone di entrambi gli esperimenti, al fine di studiare il contributo delle diverse informazioni multisensoriali. L'analisi ha rilevato una maggior risposta emodinamica nel secondo esperimento, in particolare nella regione STS e nel giro frontale-precentrale inferiore. Questi risultati indicano che già a 5 mesi gli infanti possiedono un'area specializzata per l'elaborazione delle informazioni relative al corpo (Filippetti *et al.*, 2015b). Inoltre, le aree corticali che si sono attivate in risposta a stimoli visivi, proprioceettivi e tattili combinati sono simili a quelle coinvolte nella consapevolezza corporea negli adulti (Filippetti *et al.*, 2015b). In particolare, il solco temporale superiore è una regione che risulta essere reclutata nel processamento del movimento biologico, nei processi di attribuzione della causalità delle azioni (agentività) e nell'attribuzione della proprietà delle parti del corpo a sé o ad altri (Bukowski & Lamm, 2020).

Come descritto precedentemente il sé corporeo è il risultato dell'integrazione di diverse informazioni tra cui anche quelle interocettive. Nella ricerca sugli adulti si è potuto osservare come la consapevolezza interocettiva (misurata attraverso l'accuratezza dei soggetti nel conteggiare i propri battiti cardiaci) fosse in grado di modulare l'intensità dell'illusione di proprietà nei paradigmi

dell'illusione della mano di gomma, nel paradigma dell'enfacement e verso corpi virtuali in contesti di realtà aumentata (Tsakiris *et al.*, 2011; Tajadura-Jiménez & Tsakiris 2014; Suzuki *et al.*, 2013). Lo studio dell'influenza delle informazioni interocettive sulla consapevolezza corporea negli infanti è recente. Ad esempio Maister e colleghi (2017) hanno potuto indagare la sensibilità di infanti di 5 mesi a segnali interocettivi impliciti. Gli infanti sono stati sottoposti ad un paradigma di osservazione sequenziale in cui venivano registrati i tempi di fissazione di stimoli sincroni o asincroni rispetto al loro battito cardiaco. Inoltre, veniva registrato l'Heartbeat Evoked Potential (HEP) tramite EEG, un indice dell'elaborazione cardiaca corticale la cui ampiezza è modulata da cambiamenti di stato dell'interocezione. Questo esperimento ha permesso di individuare come i bambini manifestassero una preferenza visiva per gli stimoli sincroni al proprio battito cardiaco. Inoltre, l'ampiezza dei potenziali HEP era maggiore per quei bambini che erano in grado di discriminare quando gli stimoli visivi erano sincroni o asincroni rispetto al proprio battito cardiaco. Secondo gli autori questi risultati forniscono una prima prova della sensibilità, da parte di infanti di 5 mesi, verso i proprio segnali interocettivi, oltre alla capacità di integrare informazioni esteroceettive ed interocettive (Maister *et al.*, 2017).

Questa serie di evidenze indica la precoce capacità dell'infante di rilevare la sincronia tra stimoli visuo-tattili, visuo-proprioceettivi e visuo-interocettivi. Attraverso questa abilità l'infante ha la possibilità di campionare selettivamente solo alcune informazioni presenti e di poterle integrare nonostante la loro diversa natura sensoriale. Cogliere le contingenze intermodali, non solo è fondamentale per lo sviluppo percettivo del bambino (Dionne-Dostie *et al.*, 2015), ma potrebbe essere fondamentale per compiere la distinzione sé-altro e poter sperimentare il proprio corpo come un'entità separata dal resto. Dunque l'esperienza del proprio sé corporeo può essere un'esperienza precoce, le cui fondamenta potrebbero essere gettate anche a partire dalla vita intrauterina.

2.3 I contributi del tocco affettivo al Sé corporeo

Lo studio del ruolo della stimolazione delle afferenze CT, nello sviluppo della consapevolezza corporea, è stato recentemente indagato alla luce della duplice natura interocettiva-esterocettiva che viene attribuita alle informazioni che tali afferenze trasportano. Il tocco affettivo, mediato dall'attivazione delle fibre CT, si ritiene possa essere una fonte di informazioni che contribuisce a costruire lo stato fisiologico del corpo (Craig, 2002; Crucianelli & Ehrsson, 2022). Nel contesto dello studio del sé corporeo, l'interesse verso il tocco affettivo è nato dalla conoscenza di come: le informazioni interocettive contribuiscano all'esperienza della consapevolezza corporea, come queste informazioni possano influenzare il senso di proprietà e come l'insula (una struttura cerebrale che si ritiene implicata nel senso di proprietà, nella consapevolezza del movimento e nella consapevolezza interocettiva) sia anche uno dei siti di proiezione delle afferenze CT (Riva, 2018; Tsakiris *et al.*, 2011; Craig, 2009; Morrison, 2016). Invece, riguardo alla dimensione esterocettiva del tocco affettivo, l'interesse verso i suoi contributi alla consapevolezza corporea nasce dall'importanza che le interazioni tattili rivestono nella relazione caregiver-bambino per lo sviluppo fisico, emotivo e sociale. Nei primi mesi di vita, l'infante entra in relazione con l'altro in modo privilegiato attraverso il contatto corporeo. L'alimentazione, le routine di addormentamento, di pulizia e il senso di protezione si realizzano in contesti di contatto corpo-a-corpo, dove la capacità del caregiver di rispondere ai bisogni del bambino è fondamentale nel determinare la qualità del contesto socio-affettivo. Nello specifico, il tocco affettivo fornito dal caregiver all'interno della sua relazione con l'infante, potrebbe essere fondamentale per favorire lo sviluppo della autoregolazione, della consapevolezza corporea e per instaurare un buon legame di attaccamento (McGlone *et al.*, 2014).

Gli studi condotti sugli adulti hanno indagato il ruolo del tocco affettivo nella consapevolezza corporea attraverso manipolazioni del *paradigma dell'illusione della mano di gomma*. Si è osservato come il tocco affettivo, rispetto ad un tocco non ottimale per le afferenze CT, fosse in grado di produrre una maggiore senso di appartenenza illusorio dell'arto fittizio e producesse una maggiore deriva propriocettiva (Van Stralen *et al.*, 2014; Crucianelli *et al.*, 2013). Questi risultati suggeriscono

che il tocco affettivo possa avere un'influenza sul senso di consapevolezza corporea, dove la componente interocettiva del tocco può aumentare l'integrazione sensoriale rendendo l'informazione somatosensoriale saliente dal punto di vista emotivo (Van Stralen *et al.*, 2014; Crucianelli *et al.*, 2013). Inoltre, è stato indagato il ruolo del tocco affettivo nel modulare il riconoscimento del proprio volto. Attraverso il paradigma dell'enfacement è emerso come il tocco affettivo, rispetto al tocco neutro, portasse a livelli più elevati di enfacement complessivo (REF). Un aspetto interessante è come solitamente nelle condizioni non-sincrone di stimolazione tattile, il partecipante, oltre a non sperimentare l'illusione di proprietà, tende a riferire sensazioni spiacevoli di insensibilità verso il proprio corpo causate dall'incongruenza temporale tra ciò che viene osservato e sentito a livello tattile. Ebbene, nella condizione asincrona con il tocco affettivo, questa sensazione spiacevole di de-afferenziazione, che nella letteratura viene chiamata "sordità", risulta essere minore (Panagiotopoulou *et al.*, 2017). In relazione a questi risultati è stato indagato se il tocco affettivo potesse migliorare il senso di proprietà delle braccia e ridurre il senso di sordità in soggetti con disturbi della proprietà corporea causati da ictus all'emisfero destro. I soggetti sono stati sottoposti a misurazioni del senso di proprietà prima e dopo l'esposizione a stimolazioni tattili affettive o neutre prodotte da una persona o da loro stesse. Il tocco affettivo, sia autoprodotta che fornito da un altro, è risultato correlato ad un aumento nel senso di proprietà e ad una diminuzione della sensazione di de-afferenziazione (Jenkinson *et al.*, 2020). Queste evidenze sottolineano come il tocco affettivo possa essere particolarmente rilevante in contesti di integrazione multisensoriale dato che può influenzare il processo d'integrazione delle informazioni e la consapevolezza corporea in misura maggiore rispetto al tocco neutro (Sacchetti *et al.*, 2021).

Gli studi sul tocco affettivo condotti su neonati e infanti sono minori (Cruciani *et al.*, 2021), tuttavia, sembrerebbero suggerire come il tocco affettivo possa essere coinvolto nello sviluppo del sé corporeo. Le carezze gentili e lente sono correlate all'attivazione di aree cerebrali implicate nella consapevolezza corporea, similmente a come avviene negli adulti, sin dai primi momenti di vita. Infanti di due mesi hanno mostrato un'attivazione corticale specifica e più intensa dell'insula e della

corteccia temporale in risposta alle carezze ottimali per l'attivazione delle fibre CT, piuttosto che in risposta a carezze non ottimali (Jönsson *et al.*, 2018). Analogamente, neonati con pochi giorni di vita hanno mostrato attività cerebrali significative nella corteccia insulare e nel giro post centrale (Tuulari *et al.*, 2019). Recentemente, attraverso un paradigma di preferenza visiva è stato studiato se il tocco affettivo potesse facilitare il rilevamento di contingenze visuo-tattili legate al corpo in infanti di 5 mesi. È emerso come gli infanti manifestassero una preferenza visiva per un video sincrono, in cui osservavano un neonato che veniva accarezzato nello stesso modo in cui erano accarezzati loro, solamente nella condizione in cui la stimolazione tattile ricevuta era ottimale per le afferenze CT. In linea con la possibilità che il tocco affettivo possa modulare l'attenzione visiva verso contingenze visuo-tattili legate al corpo (Della Longa *et al.*, 2020).

Un'altra considerazione riguarda il legame tra l'ossitocina, il sé corporeo e le afferenze CT. Si ritiene che l'attivazione delle fibre CT possa avere un ruolo nel mediare il rilascio di ossitocina nelle interazioni tattili, poiché le stimolazioni tattili innocue e gentili producono cambiamenti fisiologici e comportamentali associati al suo rilascio (Walker *et al.*, 2017). In diversi mammiferi, tra cui l'uomo, una stimolazione tattile gentile è correlata ad un aumento di ossitocina nel plasma o nelle urine (Matthiesen *et al.*, 2001, Mitsui *et al.*, 2011). Inoltre, uno studio sui ratti, ha osservato come la stimolazione tattile gentile abbia indotto una maggiore espressione di una proteina, indicativa dell'attività dei neuroni ossitocinergici, nel nucleo para-ventricolare dell'ipotalamo e nel nucleo preottico; in aggiunta i topi emettevano più vocalizzazioni con frequenze associate a stati emotivi positivi (Okabe *et al.*, 2015). D'altra parte, l'ossitocina è un neuropeptide implicato in diversi processi di natura affettiva, affiliativa e sociale dato che risulta coinvolto nella formazione dei legami di coppia, nella formazione del legame di attaccamento e nella modulazione dell'attenzione verso segnali socialmente rilevanti (Walker *et al.*, 2017). Tuttavia, potrebbe anche essere implicata nella sensazione di proprietà corporea e nella differenziazione sé-altro. Ad esempio è stato osservato come i livelli di ossitocina fossero correlati all'intensità dell'illusione di proprietà corporea nel paradigma della mano di gomma (Ide & Wada, 2017; Crucianelli *et al.*, 2019) e come l'assunzione intra-nasale di ossitocina

aumentasse la capacità di rilevare il volto di un'altra persona attraverso un paradigma di *morphing* facciale, in cui il volto del partecipante si trasformava in quello di un altro e viceversa (Colonnello *et al.*, 2013).

CAPITOLO 3 - Dal corpo alla regolazione: il ruolo del tocco affettivo nella regolazione autonoma

La regolazione dei sistemi fisiologici, comportamentali e cognitivi del neonato sono il risultato sia di processi maturativi di natura neurobiologica che iniziano a consolidarsi dalla vita intrauterina, come il ciclo sonno-veglia, sia di una regolazione esterna fornita dal caregiver, il quale deve cogliere le comunicazioni del neonato ed aiutarlo nell'organizzazione dei diversi sistemi neurobiologici, sensoriali, fisiologici ed emotivi (Feldman, 2009). In questo contesto relazionale il corpo è il mezzo privilegiato con cui il neonato può inizialmente elaborare le sue impressioni sensoriali e fare esperienza dei cambiamenti che si verificano al suo interno durante l'interazione con l'ambiente (Damasio, 2022). L'associazione tra sensazioni sensoriali esterne e interne al proprio corpo è di fondamentale importanza per lo sviluppo del Sé, dei processi di regolazione autonoma e successivamente per un buon funzionamento dei processi cognitivi, affettivi e sociali (Feldman, 2007). La funzione regolatoria esercitata dal caregiver, quando l'infante non è ancora in grado di regolare i propri stati fisiologici in modo autonomo, si realizza in modo privilegiato attraverso il contatto corporeo (Feldman, 2009).

Vi sono diverse evidenze di come il contatto corpo-a-corpo, in cui il neonato viene posto prono e nudo sul petto della madre (o del caregiver disponibile), sia una pratica in grado di ridurre la mortalità infantile, anche in neonati sottopeso e pretermine, in particolar modo quando viene effettuata precocemente e per molte ore al giorno (KMC Study Group, 2021). Inoltre, diversi studi hanno evidenziato come questa pratica possa stabilizzare la frequenza cardiaca, aumentare la saturazione dell'ossigeno, diminuire i livelli di cortisolo e modulare la temperatura corporea

(Takahashi *et al.*, 2011; El-Farrash *et al.*, 2019). Anche dal punto di vista neurocomportamentale il contatto corporeo precoce è in grado di migliorare le capacità di regolazione, la qualità dei movimenti, l'attenzione e di diminuire l'eccitabilità (El-Farrash *et al.*, 2019).

Nel corso dei primi mesi di vita, il tocco affettivo risulta un'importante forma di interazione e di regolazione fisiologica e comportamentale durante gli scambi diadici tra bambino e caregiver. Da alcuni studi basati sul paradigma della *Still Face* è emerso che il tocco materno spontaneo è in grado di regolare la reattività fisiologica in situazioni stressanti. Questo paradigma sperimentale consiste in un'interazione libera madre-bambino in cui, improvvisamente, la madre smette di interagire e di essere responsiva, mantenendo anche il volto immobile (fase del volto immobile). La temporanea indisponibilità materna, a cui poi segue un ritorno all'interazione (fase di ricongiungimento), porta il bambino ad esprimere una serie di comportamenti e reazioni fisiologiche di stress, come agitazione, pianto, diminuzione del tono vagale e innalzamento dei livelli di cortisolo. Feldman e colleghe (2010) hanno confrontato il tono vagale, i livelli di cortisolo e codificato i comportamenti, in infanti di 6 mesi, tra condizioni di volto immobile in cui la madre poteva mantenere il contatto tattile e quelle in cui il contatto tattile era assente. È emerso come il livello di cortisolo nelle condizioni di contatto tattile fossero minori sia durante il momento di non-responsività della madre, sia nel successivo momento di ricongiungimento, rispetto alla condizione priva di contatto tattile. Il tono vagale è risultato maggiore nella condizione in cui era presente il contatto tattile, inoltre al momento del ritorno all'interazione il tono vagale era analogo alla fase di interazione libera iniziale, indicando un buon recupero. Al contrario, nella condizione priva di contatto tattile, il tono vagale è rimasto basso anche nella successiva fase di ricongiungimento. Questi risultati indicano come il tocco materno spontaneo sia stato in grado di modulare e attenuare la risposta fisiologica di stress sia a livello del sistema nervoso autonomo, che a livello dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene (HPA) in infanti di 6 mesi (Feldman *et al.*, 2010). Sulla base di queste evidenze, sono stati condotti successivi studi per indagare il ruolo specifico del sistema di afferenze CT nel mediare i processi di regolazione comportamentale e fisiologica. A tal fine, Puyvelde e colleghi (2019) hanno indagato gli effetti di carezze spontanee,

rispetto stimolazioni tattili statiche, sulla regolazione parasimpatica misurata attraverso indici di variabilità cardiaca come l'intervallo interbattito (IBI) e l'aritmia sinusale respiratoria (RSA) in infanti di età compresa tra 4 a 16 settimane. Nel loro studio è emerso come le madri accarezzassero spontaneamente il figlio all'interno del range di velocità ottimale per l'attivazione delle afferenze CT e come l'aumento dell'intervallo interbattito e dell'aritmia sinusale respiratoria si verificasse solo negli infanti accarezzati in modo dinamico (Puyvelde *et al.*, 2019). Analogamente è stato osservato come anche i padri fornissero spontaneamente carezze entro il range ottimale per la stimolazione delle afferenze CT e in sedi corporee in cui è nota la loro presenza. Anche in questo studio le carezze gentili fornite da padri e madri hanno entrambe portato ad un aumento di aritmia sinusale respiratoria (Puyvelde *et al.*, 2019b), indicando come il tocco affettivo sia in grado di influenzare l'attività parasimpatica e svolga una funzione regolatoria dell'attività fisiologica. La riduzione dell'eccitazione fisiologica a seguito di carezze mirate a stimolare la afferenze CT è stata riscontrata anche in infanti di 9 mesi, dove solo le carezze con una velocità ottimale per l'attivazione delle afferenze CT, rispetto a stimolazioni tattili più lente o più veloci, ha prodotto una decelerazione nella frequenza cardiaca (Fairhurst & Loken, 2014). Risultati analoghi sono emersi anche con bambini prematuri con un'età gestazionale inferiore alle 40 settimane. Rispetto ad un tocco statico, un tocco dinamico mirato a stimolare le fibre CT ha prodotto un aumento della saturazione dell'ossigeno e una riduzione della frequenza cardiaca che è stata mantenuta anche in momenti successivi all'accarezzamento (Manzotti *et al.*, 2019). Il numero di studi che hanno indagato il ruolo regolatore del tocco affettivo, del tocco materno spontaneo e del contatto corpo-a-corpo dopo la prima infanzia sono ridotti (Botero *et al.*, 2019). Effettivamente, dopo i primi sei mesi di vita è stato osservata una diminuzione della frequenza dei comportamenti tattili, anche affettuosi, da parte delle madri nelle loro interazioni con l'infante; ciò in accordo con la crescente autonomia del bambino e con la possibilità, da parte della diade, di fare affidamento a forme di comunicazioni e di regolazione più distali (Ferber *et al.*, 2008; Feldman 2009). Tuttavia, iniziali evidenze suggeriscono che il contatto tattile si dimostra rilevante per la regolazione anche in momenti successivi alla prima infanzia: bambini di circa tre anni e mezzo sono

stati sottoposti a procedure standardizzate note per indurre una condizione di stress. Si è osservato come i bambini che ricevevano maggiori stimolazioni tattili positive (es. abbraccio, carezza, bacio) durante una condizione stressante presentassero una reattività fisiologica minore, misurata mediante il confronto tra i livelli di cortisolo salivare, rispetto a coloro che ricevevano un numero minore di stimolazioni tattili positive (Scott *et al.*, 2022), indicando che le interazioni tattili possono avere un ruolo regolatorio dell'attività fisiologica anche in momenti successivi alla prima infanzia, come durante l'età prescolare in cui il bambino sta ancora imparando a regolare autonomamente i propri stati interni. Questa serie di evidenze mostra la funzione regolatoria del tocco affettivo attraverso una modulazione dell'attività parasimpatica-vagale. È da notare che le aree cerebrali implicate nel tocco affettivo, come la corteccia insulare posteriore, la corteccia orbito-frontale e la corteccia cingolata anteriore sono regioni in cui convergono anche fibre interocettive (come le afferenze viscerali) che sono importanti per la regolazione fisiologica del corpo e per il mantenimento dell'omeostasi (Craig, 2002).

Conclusioni e prospettive future

Il tocco affettivo si dimostra rilevante sia per l'emergere della consapevolezza corporea che per lo sviluppo dei meccanismi di regolazione autonoma. Sin dalla vita intrauterina la stimolazione tattile autoprodotta, a seguito degli spontanei movimenti fetali, si rivela importante per aiutare il feto ad esplorare il proprio stesso corpo, a fare esperienza delle diverse sensazioni che questo genera ed a sperimentare le relazioni intersensorimotorie che accompagnano il movimento (Reissland & Austen, 2018; Jacquey *et al.*, 2019; Georgie *et al.*, 2019). Fin dalla nascita è stata messa in evidenza la sensibilità del neonato alle contingenze visuo-tattili, visuo-proprioceptive e a 5 mesi anche a quelle visuo-interocettive relative al corpo (Rochat & Hespos, 1997; Filippetti *et al.*, 2013; Filippetti *et al.*, 2015; Maister *et al.*, 2017). Questo rende neonati ed infanti in grado di cogliere delle proprietà aspecifiche condivise tra le informazioni di diversa natura sensoriale, come la co-occorrenza temporale, che sono note per il loro ruolo nello sviluppo percettivo (Donnie-Dostie e col., 2015). La capacità di cogliere e legare informazioni di diversa natura sensoriale risulta un prerequisito fondamentale per il graduale emergere della consapevolezza di un sé corporeo, guidando il bambino nell'operare una prima e rudimentale forma di differenziazione tra sé e non-sé (Rochat & Hespos, 1997; Filippetti *et al.*, 2013; Filippetti *et al.*, 2015)

All'interno di queste evidenze sullo sviluppo del sé corporeo, il tocco affettivo potrebbe svolgere un ruolo centrale grazie alla sua proprietà unica di fungere da ponte tra le informazioni sensoriali provenienti dall'esterno e gli stati affettivi interni dell'organismo. Per tale ragione è stato ipotizzato che il tocco affettivo possa contribuire alla formazione e alla modulazione del senso di proprietà corporea, aspetto fondamentale all'interno della definizione di consapevolezza corporea. Data la precoce sensibilità comportamentale, fisiologica e neurale al tocco affettivo (Fairhurst *et al.*, 2014; Jönsson *et al.*, 2018; Tuulari *et al.*, 2019), questo potrebbe fornire un contributo essenziale alla definizione di un Sé minimo; tuttavia le evidenze dei suoi contributi specifici sull'emergere della consapevolezza corporea in infanti e neonati sono ancora ridotte. Gli attuali studi sembrano indicare che il tocco affettivo possa aiutare il bambino a sperimentare soggettivamente il corpo come proprio,

rivelandosi più efficace di stimolazioni tattili che non coinvolgono l'attività delle afferenze CT (Della Longa *et al.*, 2020; Jönsson *et al.*, 2018; Sacchetti *et al.*, 2021). Questi contributi sono particolarmente importanti se si tiene conto di come la consapevolezza corporea sia alla base della successiva capacità di sviluppare un Sé riflessivo e autobiografico (Riva, 2018). Diversi meccanismi sono stati studiati per approfondire le basi neurobiologiche che supportano il ruolo del tocco affettivo nel modulare il senso del sé corporeo.

A livello neurale è emerso come, già in infanti e neonati, le carezze gentili e lente siano correlate all'attivazione di aree cerebrali note per essere implicate nella consapevolezza corporea (Jonsson, Kotilahti e col., 2018; Tuulari & Scheinin, 2019) e, più in generale, come i siti di proiezione delle afferenze CT coinvolgano aree cerebrali note per essere implicate nella consapevolezza corporea, come la corteccia insulare e il solco temporale superiore (Craig, 2009; Bukowski & Lamm, 2018).

A livello endocrino è stato evidenziato il coinvolgimento dell'ossitocina, un neuropeptide implicato in diversi processi di natura affettiva-affiliativa, che viene rilasciato durante interazioni tattili in mammiferi umani e non umani e che pertanto sembra essere mediato dall'attivazione delle fibre CT (Walker *et al.*, 2017; Matthiesen *et al.*, 2001, Mitsui *et al.*, 2011; Okabe *et al.*, 2015). Inoltre, è da notare che i livelli di ossitocina sono stati correlati a cambiamenti nell'esperienza di proprietà corporea (Ide & Wada, 2017; Crucianelli *et al.*, 2019; Colonnello *et al.*, 2013) suggerendo l'importanza di approfondire con ulteriori studi il legame tra il tocco affettivo, il rilascio di ossitocina e la consapevolezza corporea. In questo modo si potrebbe aprire un'ulteriore strada per la comprensione di come il tocco affettivo possa contribuire all'esperienza di proprietà del corpo.

A livello comportamentale il tocco affettivo sembrerebbe poter modulare l'attenzione visiva verso contingenze visuo-tattili legate al corpo in infanti di 5 mesi (Della Longa *et al.*, 2020). Maggiori evidenze sono disponibili nel caso della popolazione adulta, dove numerosi studi basati sull'induzione di illusioni corporee, hanno mostrato come il tocco affettivo possa modulare il senso di proprietà corporea sia di una parte del corpo, sia del volto nonostante quest'ultimo sia considerato una

caratteristica particolarmente distintiva per l'individualità (Van Stralen *et al.*, 2014; Crucianelli *et al.*, 2013; Panagiotopoulou *et al.*, 2017). Inoltre, il tocco affettivo è risultato efficace nell'aumentare il senso di proprietà corporea e diminuire il senso di de-afferenziazione degli arti in soggetti che, a seguito di un ictus nell'emisfero destro, presentavano disturbi della proprietà corporea (Jenkinson *et al.*, 2020). Questi risultati suggeriscono che lo studio del ruolo del tocco affettivo nel modulare il senso di proprietà potrebbe essere promettente e aprire alla possibilità di utilizzare la stimolazione ottimale delle fibre CT per il trattamento dei disturbi della proprietà corporea.

A livello fisiologico ci sono evidenze che suggeriscono l'importanza dell'interazione tattile affettiva per lo sviluppo e la modulazione dell'attività parasimpatica-vagale che contribuisce a regolare gli stati affettivi e l'attivazione dell'infante fin dalle prime fasi di vita (Fairhurst *et al.*, 2014; Puyvelde *et al.*, 2019, 2019b; Manzotti *et al.*, 2019). Tuttavia, il numero di studi che hanno indagato specificatamente il ruolo regolatore del tocco affettivo sono ridotti. Ulteriori studi sarebbero necessari per ampliare la conoscenza riguardo l'impatto positivo a livello fisiologico e neurocomportamentale del tocco affettivo, data la conoscenza della rilevanza del contatto corpo-a-corpo per il benessere psicofisico di neonati ed infanti e le iniziali evidenze di come il contatto tattile si dimostri rilevante per la regolazione anche in momenti successivi alla prima infanzia (Scott *et al.*, 2022). Per questi motivi si potrebbe auspicare l'estensione dello studio del tocco affettivo nel regolare l'attività e la reattività fisiologica in diverse fasi della vita, tenendo anche in considerazione come il tocco affettivo sia particolarmente presente nelle interazioni tra partner adulti e non solo nel rapporto adulto-bambino (Sorokowska *et al.*, 2021).

Bibliografia

- Ackerley, R., Wasling, H. B., Liljencrantz, J., Olausson, H., Johnson, R. D., & Wessberg, J. (2014). Human C-tactile afferents are tuned to the temperature of a skin-stroking caress. *Journal of Neuroscience*, 34(8), 2879-2883.
- Andrew, D. (2010). Quantitative characterization of low-threshold mechanoreceptor inputs to lamina I spinoparabrachial neurons in the rat. *The Journal of physiology*, 588(1), 117-124.
- Apps, M. A., Tajadura-Jiménez, A., Sereno, M., Blanke, O., & Tsakiris, M. (2015). Plasticity in unimodal and multimodal brain areas reflects multisensory changes in self-face identification. *Cerebral Cortex*, 25(1), 46-55.
- Armel, K. C., & Ramachandran, V. S. (2003). Projecting sensations to external objects: evidence from skin conductance response. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1523), 1499-1506.
- Azañón, E., Tamè, L., Maravita, A., Linkenauger, S. A., Ferrè, E. R., Tajadura-Jiménez, A., & Longo, M. R. (2016). Multimodal contributions to body representation. *Multisensory research*, 29(6-7), 635-661.
- Bennett, R. H., Bolling, D. Z., Anderson, L. C., Pelphrey, K. A., & Kaiser, M. D. (2014). fNIRS detects temporal lobe response to affective touch. *Social cognitive and affective neuroscience*, 9(4), 470-476.
- Björnsdotter, M., & Olausson, H. (2011). Vicarious responses to social touch in posterior insular cortex are tuned to pleasant caressing speeds. *Journal of Neuroscience*, 31(26), 9554-9562.
- Björnsdotter, M., Morrison, I., & Olausson, H. (2010). Feeling good: on the role of C fiber mediated touch in interoception. *Experimental brain research*, 207(3), 149-155.
- Botero, M., Langley, H. A., & Venta, A. (2020). The untenable omission of touch in maternal sensitivity and attachment research. *Infant and Child Development*, 29(2), e2159.

- Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature*, 391(6669), 756-756.
- Bukowski, H., & Lamm, C. (2020). Superior temporal sulcus. *Encyclopedia of personality and individual differences*, 5316-5319.
- Case, L. K., Laubacher, C. M., Olausson, H., Wang, B., Spagnolo, P. A., & Bushnell, M. C. (2016). Encoding of touch intensity but not pleasantness in human primary somatosensory cortex. *Journal of Neuroscience*, 36(21), 5850-5860.
- Colonnello, V., Chen, F. S., Panksepp, J., & Heinrichs, M. (2013). Oxytocin sharpens self-other perceptual boundary. *Psychoneuroendocrinology*, 38(12), 2996-3002.
- Craig, A. D. (2002). How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. *Nature reviews neuroscience*, 3(8), 655-666.
- Craig, A. D. (2009). How do you feel—now? The anterior insula and human awareness. *Nature reviews neuroscience*, 10(1), 59-70.
- Croy, I., Fairhurst, M. T., & McGlone, F. (2022). The role of C-tactile nerve fibers in human social development. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 43, 20-26.
- Croy, I., Luong, A., Tricoli, C., Hofmann, E., Olausson, H., & Sailer, U. (2016). Interpersonal stroking touch is targeted to C tactile afferent activation. *Behavioural Brain Research* SreeTestContent1, 297, 37-40.
- Crucianelli, L., & Ehrsson, H. H. (2022). The role of the skin in interoception: A neglected organ?.
- Crucianelli, L., Metcalf, N. K., Fotopoulou, A., & Jenkinson, P. M. (2013). Bodily pleasure matters: velocity of touch modulates body ownership during the rubber hand illusion. *Frontiers in psychology*, 4, 703.

- Crucianelli, L., Paloyelis, Y., Ricciardi, L., Jenkinson, P. M., & Fotopoulou, A. (2019). Embodied precision: intranasal oxytocin modulates multisensory integration. *Journal of cognitive neuroscience*, 31(4), 592-606.
- Cruciani, G., Zanini, L., Russo, V., Mirabella, M., Palamoutsi, E. M., & Spitoni, G. F. (2021). Strengths and weaknesses of affective touch studies over the lifetime: A systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 127, 1-24.
- Damasio, A. (2022). *Il sé viene alla mente: la costruzione del cervello cosciente*. Adelphi Edizioni spa, URL: <https://www.adelphi.it/libro/9788845983771>
- Della Longa, L., Filippetti, M. L., Dragovic, D., & Farroni, T. (2020). Synchrony of caresses: does affective touch help infants to detect body-related visual–tactile synchrony?. *Frontiers in Psychology*, 10, 2944.
- Dionne-Dostie, E., Paquette, N., Lassonde, M., & Gallagher, A. (2015). Multisensory integration and child neurodevelopment. *Brain sciences*, 5(1), 32-57.
- El-Farrash, R. A., Shinkar, D. M., Ragab, D. A., Salem, R. M., Saad, W. E., Farag, A. S., ... & Sakr, M. F. (2020). Longer duration of kangaroo care improves neurobehavioral performance and feeding in preterm infants: a randomized controlled trial. *Pediatric Research*, 87(4), 683-688.
- Essick, G. K., McGlone, F., Dancer, C., Fabricant, D., Ragin, Y., Phillips, N., ... & Guest, S. (2010). Quantitative assessment of pleasant touch. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(2), 192-203.
- Fagard, J., Esseily, R., Jacquey, L., O'regan, K., & Somogyi, E. (2018). Fetal origin of sensorimotor behavior. *Frontiers in neurorobotics*, 12, 23.
- Fairhurst, M. T., Löken, L., & Grossmann, T. (2014). Physiological and behavioral responses reveal 9-month-old infants' sensitivity to pleasant touch. *Psychological science*, 25(5), 1124-1131.

- Fang, X., McMullan, S., Lawson, S. N., & Djouhri, L. (2005). Electrophysiological differences between nociceptive and non-nociceptive dorsal root ganglion neurones in the rat in vivo. *The Journal of physiology*, 565(3), 927-943.
- Feldman, R. (2007). Parent–infant synchrony and the construction of shared timing; physiological precursors, developmental outcomes, and risk conditions. *Journal of Child psychology and Psychiatry*, 48(3-4), 329-354.
- Feldman, R. (2009). The development of regulatory functions from birth to 5 years: Insights from premature infants. *Child Development*, 80(2), 544-561.
- Feldman, R., Singer, M., & Zagoory, O. (2010). Touch attenuates infants' physiological reactivity to stress. *Developmental science*, 13(2), 271-278.
- Ferber, S. G., Feldman, R., & Makhoul, I. R. (2008). The development of maternal touch across the first year of life. *Early human development*, 84(6), 363-370.
- Filippetti, M. L., Johnson, M. H., Lloyd-Fox, S., Dragovic, D., & Farroni, T. (2013). Body perception in newborns. *Current Biology*, 23(23), 2413-2416.
- Filippetti, M. L., Lloyd-Fox, S., Longo, M. R., Farroni, T., & Johnson, M. H. (2015b). Neural mechanisms of body awareness in infants. *Cerebral Cortex*, 25(10), 3779-3787.
- Filippetti, M. L., Orioli, G., Johnson, M. H., & Farroni, T. (2015). Newborn body perception: sensitivity to spatial congruency. *Infancy*, 20(4), 455-465.
- Gallagher, S. (2000). Philosophical conceptions of the self: implications for cognitive science. *Trends in cognitive sciences*, 4(1), 14-21.
- Georgie, Y. K., Schillaci, G., & Hafner, V. V. (2019, August). An interdisciplinary overview of developmental indices and behavioral measures of the minimal self. In 2019 Joint IEEE 9th

International Conference on Development and Learning and Epigenetic Robotics (ICDL-EpiRob) (pp. 129-136). IEEE.

Gordon, I., Voos, A. C., Bennett, R. H., Bolling, D. Z., Pelphrey, K. A., & Kaiser, M. D. (2013). Brain mechanisms for processing affective touch. *Human brain mapping*, 34(4), 914-922.

Ide, M., & Wada, M. (2017). Salivary oxytocin concentration associates with the subjective feeling of body ownership during the rubber hand illusion. *Frontiers in human neuroscience*, 11, 166.

Iggo, A., & Kornhuber, H. H. (1977). A quantitative study of C-mechanoreceptors in hairy skin of the cat. *The Journal of physiology*, 271(2), 549-565.

Jacquey, L., Popescu, S. T., Vergne, J., Fagard, J., Esseily, R., & O'regan, K. (2020). Development of body knowledge as measured by arm differentiation in infants: From global to local?. *British Journal of Developmental Psychology*, 38(1), 108-124.

Jenkinson, P. M., Papadaki, C., Besharati, S., Moro, V., Gobetto, V., Crucianelli, L., ... & Fotopoulou, A. (2020). Welcoming back my arm: affective touch increases body ownership following right-hemisphere stroke. *Brain communications*, 2(1), fcaa034.

Johansson, R. S., Trulsson, M., Olsson, K. Å., & Westberg, K. G. (1988). Mechanoreceptor activity from the human face and oral mucosa. *Experimental brain research*, 72(1), 204-208.

Jönsson, E. H., Kotilahti, K., Heiskala, J., Wasling, H. B., Olausson, H., Croy, I., ... & Nissilä, I. (2018). Affective and non-affective touch evoke differential brain responses in 2-month-old infants. *Neuroimage*, 169, 162-171.

KMC, W. I. (2021). Study Group, Arya S, Naburi H, Kawaza K, Newton S, Anyabolu CH, et al. Immediate "kangaroo mother care" and survival of infants with low birth weight. *N Engl J Med*, 384, 2028-38.

- Kumazawa, T., & Perl, E. R. (1977). Primate cutaneous sensory units with unmyelinated (C) afferent fibers. *Journal of neurophysiology*, 40(6), 1325-1338.
- Lawther, A. J., Hale, M. W., & Lowry, C. A. (2020). Serotonin and the neurobiology of anxious states. In *Handbook of behavioral neuroscience* (Vol. 31, pp. 505-520). Elsevier.
- Löken, L. S., & Olausson, H. (2010). The skin as a social organ. *Experimental brain research*, 204(3), 305-314.
- Maister, L., Tang, T., & Tsakiris, M. (2017). Neurobehavioral evidence of interoceptive sensitivity in early infancy. *Elife*, 6, e25318.
- Manzotti, A., Cerritelli, F., Esteves, J. E., Lista, G., Lombardi, E., La Rocca, S., ... & Walker, S. C. (2019). Dynamic touch reduces physiological arousal in preterm infants: A role for c-tactile afferents?. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 39, 100703.
- Matthiesen, A. S., Ransjö-Arvidson, A. B., Nissen, E., & Uvnäs-Moberg, K. (2001). Postpartum maternal oxytocin release by newborns: effects of infant hand massage and sucking. *Birth*, 28(1), 13-19.
- McGlone, F., Olausson, H., Boyle, J. A., Jones-Gotman, M., Dancer, C., Guest, S., & Essick, G. (2012). Touching and feeling: differences in pleasant touch processing between glabrous and hairy skin in humans. *European Journal of Neuroscience*, 35(11), 1782-1788.
- McGlone, F., Vallbo, A. B., Olausson, H., Loken, L., & Wessberg, J. (2007). Discriminative touch and emotional touch. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 61(3), 173.
- McGlone, F., Wessberg, J., & Olausson, H. (2014). Discriminative and affective touch: sensing and feeling. *Neuron*, 82(4), 737-755.

- Mitsui, S., Yamamoto, M., Nagasawa, M., Mogi, K., Kikusui, T., Ohtani, N., & Ohta, M. (2011). Urinary oxytocin as a noninvasive biomarker of positive emotion in dogs. *Hormones and behavior*, 60(3), 239-243.
- Montirosso, R., & McGlone, F. (2020). The body comes first. Embodied reparation and the co-creation of infant bodily-self. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 113, 77-87.
- Morrison, I. (2016). CT afferent-mediated affective touch: brain networks and functional hypotheses. *Affective touch and the neurophysiology of CT afferents*, 195-208.
- Myowa-Yamakoshi, M., & Takeshita, H. (2006). Do human fetuses anticipate self-oriented actions? A study by four-dimensional (4D) ultrasonography. *Infancy*, 10(3), 289-301.
- Nordin, M. (1990). Low-threshold mechanoreceptive and nociceptive units with unmyelinated (C) fibres in the human supraorbital nerve. *The Journal of Physiology*, 426(1), 229-240.
- Okabe, S., Yoshida, M., Takayanagi, Y., & Onaka, T. (2015). Activation of hypothalamic oxytocin neurons following tactile stimuli in rats. *Neuroscience letters*, 600, 22-27.
- Olausson, H., Lamarre, Y., Backlund, H., Morin, C., Wallin, B. G., Starck, G., ... & Bushnell, M. C. (2002). Unmyelinated tactile afferents signal touch and project to insular cortex. *Nature neuroscience*, 5(9), 900-904.
- Olausson, H., Wessberg, J., McGlone, F., & Vallbo, Å. (2010). The neurophysiology of unmyelinated tactile afferents. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(2), 185-191.
- Panagiotopoulou, E., Filippetti, M. L., Tsakiris, M., & Fotopoulou, A. (2017). Affective touch enhances self-face recognition during multisensory integration. *Scientific reports*, 7(1), 1-10.
- Patel, G. H., Sestieri, C., & Corbetta, M. (2019). The evolution of the temporoparietal junction and posterior superior temporal sulcus. *Cortex*, 118, 38-50.

- Porciello, G., Bufalari, I., Minio-Paluello, I., Di Pace, E., & Aglioti, S. M. (2018). The 'Enfacement' illusion: a window on the plasticity of the self. *Cortex*, 104, 261-275.
- Reissland, N., & Austen, J. (2018). Goal directed behaviours: the development of pre-natal touch behaviours. In *Reach-to-Grasp Behavior* (pp. 3-17). Routledge.
- Riva, G. (2018). The neuroscience of body memory: From the self through the space to the others. *Cortex*, 104, 241-260.
- Rochat, P., & Hespos, S. J. (1997). Differential rooting response by neonates: Evidence for an early sense of self. *Infant and Child Development*, 6(3-4), 105-112.
- Rolls, E. T., & Grabenhorst, F. (2008). The orbitofrontal cortex and beyond: from affect to decision-making. *Progress in neurobiology*, 86(3), 216-244.
- Sacchetti, S., McGlone, F., Cazzato, V., & Mirams, L. (2021). The off-line effect of affective touch on multisensory integration and tactile perceptual accuracy during the somatic signal detection task. *Plos one*, 16(12), e0261060.
- Scott, M. G., Smiley, P. A., Ahn, A., Lazarus, M. F., Borelli, J. L., & Doan, S. N. (2022). A mother's touch: Preschool-aged children are regulated by positive maternal touch. *Developmental Psychobiology*, 64(2), e22243.
- Sorokowska, A., Saluja, S., Sorokowski, P., Frąckowiak, T., Karwowski, M., Aavik, T., ... & Croy, I. (2021). Affective interpersonal touch in close relationships: a cross-cultural perspective. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 47(12), 1705-1721.
- Suzuki, K., Garfinkel, S. N., Critchley, H. D., & Seth, A. K. (2013). Multisensory integration across exteroceptive and interoceptive domains modulates self-experience in the rubber-hand illusion. *Neuropsychologia*, 51(13), 2909-2917.

- Tajadura-Jiménez, A., & Tsakiris, M. (2014). Balancing the “inner” and the “outer” self: Interoceptive sensitivity modulates self–other boundaries. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143(2), 736.
- Takahashi, Y., Tamakoshi, K., Matsushima, M., & Kawabe, T. (2011). Comparison of salivary cortisol, heart rate, and oxygen saturation between early skin-to-skin contact with different initiation and duration times in healthy, full-term infants. *Early human development*, 87(3), 151-157.
- Tsakiris, M. (2008). Looking for myself: current multisensory input alters self-face recognition. *PloS one*, 3(12), e4040.
- Tsakiris, M., Jiménez, A. T., & Costantini, M. (2011). Just a heartbeat away from one's body: interoceptive sensitivity predicts malleability of body-representations. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(1717), 2470-2476.
- Tuulari, J. J., Scheinin, N. M., Lehtola, S., Merisaari, H., Saunavaara, J., Parkkola, R., ... & Björnsdotter, M. (2019). Neural correlates of gentle skin stroking in early infancy. *Developmental cognitive neuroscience*, 35, 36-41.
- Vallbo, Å. B., Olausson, H., & Wessberg, J. (1999). Unmyelinated afferents constitute a second system coding tactile stimuli of the human hairy skin. *Journal of neurophysiology*, 81(6), 2753-2763.
- Van Puyvelde, M., Collette, L., Gorissen, A. S., Pattyn, N., & McGlone, F. (2019b). Infants autonomic cardio-respiratory responses to nurturing stroking touch delivered by the mother or the father. *Frontiers in physiology*, 10, 1117.
- Van Puyvelde, M., Collette, L., Gorissen, A. S., Pattyn, N., & McGlone, F. (2019). Infants autonomic cardio-respiratory responses to nurturing stroking touch delivered by the mother or the father. *Frontiers in physiology*, 10, 1117.

- Van Puyvelde, M., Gorissen, A. S., Pattyn, N., & McGlone, F. (2019). Does touch matter? The impact of stroking versus non-stroking maternal touch on cardio-respiratory processes in mothers and infants. *Physiology & behavior*, 207, 55-63.
- Van Stralen, H. E., van Zandvoort, M. J., Hoppenbrouwers, S. S., Vissers, L. M., Kappelle, L. J., & Dijkerman, H. C. (2014). Affective touch modulates the rubber hand illusion. *Cognition*, 131(1), 147-158.
- Varlamov, A. A., Portnova, G. V., & McGlone, F. F. (2020). The C-Tactile System and the Neurobiological Mechanisms of “Affective” Tactile Perception: The History of Discoveries and the Current State of Research. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 50(4), 418-427.
- Walker, S. C., Marshall, A., & Pawling, R. (2022). Psychophysiology and motivated emotion: testing the affective touch hypothesis of C-tactile afferent function. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 43, 131-137.
- Walker, S. C., Trotter, P. D., Swaney, W. T., Marshall, A., & Mcglone, F. P. (2017). C-tactile afferents: Cutaneous mediators of oxytocin release during affiliative tactile interactions?. *Neuropeptides*, 64, 27-38.
- Watkins, R. H., Dione, M., Ackerley, R., Backlund Wasling, H., Wessberg, J., & Löken, L. S. (2021). Evidence for sparse C-tactile afferent innervation of glabrous human hand skin. *Journal of Neurophysiology*, 125(1), 232-237.
- Zoia, S., Blason, L., D'Ottavio, G., Bulgheroni, M., Pezzetta, E., Scabar, A., & Castiello, U. (2007). Evidence of early development of action planning in the human foetus: a kinematic study. *Experimental brain research*, 176(2), 217-226.
- Zotterman, Y. (1939). Touch, pain and tickling: an electro-physiological investigation on cutaneous sensory nerves. *The Journal of physiology*, 95(1), 1.

