



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione

Corso di Laurea Magistrale in Psicologia Clinica dello Sviluppo

Tesi di Laurea Magistrale:

L'importanza del contatto: uno studio che investiga gli effetti del tocco affettivo sui processi di autoregolazione in bambini prescolari

The Importance of Contact: A Study Investigating the Effects of Affective Touch
on Self-Regulation Processes in Preschool Children

Relatrice:

Prof.ssa Teresa Farroni

Correlatrice:

Dott.ssa Letizia Della Longa

Laureanda: Giulia Scano

Matricola: 2050669

Anno Accademico 2022/23

Ovunque sarai,

A Nonna Salva

Il tocco è il nostro primo linguaggio. È attraverso la pelle che impariamo ad amare, ad essere amati e a connetterci con gli altri.

D.W. Winnicott

Introduzione	1
Capitolo 1: Lo sviluppo dell'autoregolazione fisiologica, comportamentale e socioaffettiva nella prima infanzia	4
1.1 Il Neurocostruttivismo e il ruolo dell'ambiente nei processi di sviluppo.....	4
1.2. L'autoregolazione: definizioni, meccanismi fisiologici e funzioni esecutive..	6
1.2.1. Variabilità cardiaca come indice di autoregolazione fisiologica....	9
1.2.2. Il ruolo fondamentale del <i>caregiver</i> nell'autoregolazione del bambino.....	11
1.2.3. Il contatto tattile come modulatore dei meccanismi di autoregolazione.....	15
Capitolo 2: Il tocco affettivo: neurobiologia e funzioni del contatto	20
2.1. Il Sistema Somatosensoriale Tattile.....	20
2.1.2. La pelle: l'organo del tocco e della connessione umana.....	21
2.2. Il senso del tatto: il tocco affettivo e il tocco discriminativo.....	24
2.3. Il ruolo del tocco affettivo nella modulazione epigenetica.....	27
2.4. Dalla pelle al cervello: aree cerebrali coinvolte nell'elaborazione del tocco affettivo.....	29
2.5. Neurochimica e meccanismi neurobiologici del tocco affettivo.....	34
2.6. Quando il tocco manca: gli effetti della deprivazione materna sullo sviluppo del bambino.....	35
Capitolo 3: La nostra ricerca: L'impatto del tocco affettivo sulle capacità di autoregolazione infantile	40
3.1. Introduzione.....	40
3.2. Obiettivi e ipotesi di ricerca.....	41
3.3. Materiali e metodi.....	43
3.3.1. Partecipanti.....	43
3.3.2. Strumenti.....	44
3.3.3. Stimoli e procedura.....	46
3.4. Registrazione ed elaborazione dei dati elettrofisiologici.....	48

3.4. Analisi dei dati.....	49
3.5. Risultati.....	50
Capitolo 4: Discussione e conclusioni.....	55
4.1. Discussione dei risultati.....	55
4.2. Conclusioni.....	59
4.3. Ringraziamenti.....	61
4.4. Bibliografia.....	64

Introduzione

L'autoregolazione è un processo chiave attraverso il quale gli organismi viventi regolano le proprie funzioni fisiologiche, i comportamenti e le emozioni per mantenere un equilibrio interno ottimale. Si tratta di un processo complesso che coinvolge diversi livelli, meccanismi di feedback e di controllo per mantenere costanti i parametri fisiologici fondamentali (Silverthorn, 2019).

Nel contesto dell'autoregolazione fisiologica, gli organismi biologici mostrano la capacità di regolare i propri processi interni al fine di mantenere l'omeostasi, ovvero un equilibrio interno stabile (Sherwood, 2008). Questo processo coinvolge la regolazione di importanti funzioni vitali come la frequenza cardiaca, la respirazione e la temperatura corporea. L'autoregolazione fisiologica è strettamente legata alla regolazione comportamentale ed emotiva: la prima riflette la capacità dell'individuo di regolare i propri pensieri, emozioni e comportamenti in modo da raggiungere i propri obiettivi e adattarsi alle situazioni (Zimbardo, Johnson & McCann, 2017); quella emotiva si riferisce, invece, alla capacità di regolare le proprie emozioni e risposte emotive in modo efficace e adattativo, al fine di gestire lo stress e adattarsi alle situazioni. Questo processo coinvolge la consapevolezza delle proprie emozioni, la comprensione dei fattori che le scatenano e l'uso di strategie efficaci per gestirle (Gross, 2015). In generale, l'autoregolazione è importante per il mantenimento di uno stato di bilanciamento, senza il quale gli organismi e i sistemi diventerebbero instabili e disfunzionali, con conseguenze negative sulla loro salute e sul loro benessere.

L'autoregolazione è un processo che si sviluppa, dunque, a diversi livelli. In questa Tesi Magistrale e nel nostro studio, verrà approfondito e studiato un fattore che sembra avere un ruolo rilevante nei processi di autoregolazione: l'indice di variabilità della frequenza cardiaca o *Heart Rate Variability*. Per HRV si indicano le spontanee variazioni di tempo che intercorrono tra un battito cardiaco e quello successivo, denotando la capacità del sistema nervoso autonomo di regolare la funzione cardiaca in risposta alle esigenze metaboliche dell'organismo e in risposta a stimoli interni ed esterni. Tale variabilità è considerata come un biomarcatore dell'autoregolazione (McCraty et al., 2015).

La fascia d'età presa in considerazione nella nostra ricerca è la fascia prescolare (3-6 anni). La scelta di questa fase dello sviluppo prende le basi dall'importanza cruciale di

questi anni per quanto riguarda i processi di autoregolazione e lo sviluppo delle funzioni esecutive. Durante prima infanzia, infatti, i bambini imparano a gestire le loro emozioni e comportamenti attraverso l'esperienza e l'interazione con l'ambiente circostante e, nello specifico, coi *caregivers* di riferimento (Tronick, 1989). Il Neurocostruttivismo sostiene che l'ambiente svolge un ruolo fondamentale nei processi di sviluppo del bambino, fornendo le opportunità di apprendimento e la stimolazione necessaria per l'emergere delle competenze più avanzate (Shonkoff & Phillips, 2000). Durante le interazioni con il *caregiver*, si instaura un processo costante di regolazione reciproca, in cui entrambi i partner comunicano le proprie intenzioni ed emozioni, coordinando i propri comportamenti in modo sinergico. La regolazione emotiva dipende sia da fattori individuali del bambino sia dall'interazione con l'altro e il successo o il fallimento di tale interazione dipende dalle dinamiche che si instaurano tra i due partner. L'organizzazione dell'esperienza del bambino, la sua capacità di imparare ad autoregolarsi e lo sviluppo dello stile di attaccamento dipendono dalle aspettative che il bambino ha sulla modalità con cui può regolare i propri stati affettivi sia a livello individuale sia attraverso le interazioni. Se tali aspettative vengono violate a causa di una mancata coordinazione o di un improvviso cambiamento di tema nell'interazione tra i due partner, può verificarsi una "rottura interattiva", che influisce negativamente sulla regolazione emotiva del bambino (Tronick, 1989).

All'interno di questa cornice interattiva, risulta fondamentale la connessione fisica, il tocco, il contatto *skin-to-skin* tra *caregiver* e bambino. Il tocco affettivo è definito come la stimolazione tattile lenta e dolce, di circa 3 cm/s mediata dall'attivazione delle fibre C-tattili, spesso associata a un'intenzione emotiva positiva. È stato evidenziato come tale tocco, a differenza di quello discriminativo, abbia un impatto significativo sulla regolazione emotiva e sullo sviluppo del Sistema Nervoso (Ackerley et al., 2013). In particolare, studi recenti suggeriscono che il tocco affettivo moduli e supporti alcuni meccanismi di autoregolazione fisiologica e socio-affettiva, fornendo un senso di conforto e supporto emotivo in situazioni stressanti. Il tocco affettivo, infatti, sembra favorire l'attivazione del Sistema Nervoso Parasimpatico, riducendo lo stress e aumentando la capacità di affrontare situazioni emotivamente difficili. L'importanza del tocco nello sviluppo del bambino è stata ampiamente studiata, evidenziando come la

deprivazione e l'assenza di stimolazione tattile affettiva possa influire negativamente sullo sviluppo della regolazione emotiva e dell'autoregolazione (Spitz, 1945).

In questa Tesi Magistrale, si approfondirà il ruolo del tocco affettivo nella regolazione emotiva e nell'autoregolazione nei bambini. La fascia d'età indagata è la fascia prescolare, dunque sono stati coinvolti nello studio bambini tra i 3 e i 6 anni di età. I partecipanti della ricerca sono stati reclutati tramite i responsabili di scuole del territorio, nello specifico la “*Scuola dell’Infanzia Carlo Liviero*” di Albignasego (PD) e la “*Scuola dell’infanzia Savardo*” di Masanzago (PD) convenzionate con il Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione (DPSS), e tramite il database “*Babylab*” dell’Università degli Studi di Padova. La nostra ricerca prende le basi dalla letteratura presente sugli effetti del tocco affettivo sui processi di autoregolazione. Lo scopo del presente studio è quello di indagare se e come il tocco affettivo sia in grado di modulare la risposta fisiologica di bambini in età prescolare dopo l’esposizione ad un distress emotivo. Si ipotizza che l'esposizione al tocco affettivo favorisca l'attivazione del sistema nervoso parasimpatico e agevoli il ritorno a uno stato di equilibrio (baseline) dopo una stimolazione emotiva intensa.

Per raggiungere tali obiettivi, viene proposto un paradigma di studio che prevede la registrazione delle risposte comportamentali e fisiologiche in due condizioni: una condizione di base e una condizione di attivazione emotiva. La stimolazione emotigena consiste in una scena di pianto adattata all’età prescolare con un cartone animato, mentre la condizione neutra prevede la scena di un cartone animato. La stimolazione tattile viene manipolata come variabile tra i partecipanti e può variare a seconda del gruppo di appartenenza assegnato randomicamente (gruppo 1: un tocco affettivo, gruppo 2: tocco non affettivo). Verrà analizzato nello specifico il valore RMSSD (*Radical Mean Square of Successive Differences*), ovvero un indice di variabilità della frequenza cardiaca utilizzato per valutare l'attività del SNA.

Le ipotesi suggeriscono che la condizione emotiva negativa (pianto) porterà ad una diminuzione dell'indice RMSSD, indicando un ritiro del tono vagale, e che i bambini che ricevono stimolazione tattile affettiva mostreranno un aumento dell'RMSSD durante il tocco, in particolare durante il secondo tocco

Capitolo 1: Lo sviluppo dell'autoregolazione fisiologica, comportamentale e socioaffettiva nella prima infanzia

1.1. Il Neurocostruttivismo e il ruolo dell'ambiente nei processi di sviluppo

Il Neurocostruttivismo è una teoria che descrive come le esperienze ambientali giochino un ruolo fondamentale per lo sviluppo del cervello durante la crescita dell'essere umano (Shonkoff & Phillips, 2000). In altre parole, cerca di spiegare come l'esperienza ambientale può influenzare la struttura e le funzioni del cervello, in particolare durante i primi anni di vita (Nelson & Gabard-Durnam, 2019). Questa corrente si rifà ai precedenti studi di Piaget, psicologo e pedagogista svizzero, che ha dedicato la maggior parte dei suoi studi all'attenta osservazione e comprensione delle prime fasi dello sviluppo cognitivo del bambino (Karmiloff-Smith, 1992).

Secondo Piaget, l'individuo è attivo, interattivo e cambia attraverso la comunicazione e l'interazione con l'ambiente. Il bambino è attivo perché promuove lui stesso il suo sviluppo adattandosi alle esigenze che gli vengono proposte dal suo ambiente, ed è interattivo perché cambia il suo ambiente e ne è allo stesso tempo modificato. Come Piaget, anche il neurocostruttivismo postula che i sistemi di conoscenza che caratterizzano la mente adulta e le strutture cognitive che li organizzano, non esistano nelle prime fasi dello sviluppo, ma siano costruiti attraverso processi attivi e costruttivi durante l'ontogenesi (Ansari & Karmiloff-Smith 2002; Karmiloff-Smith 1998; Scerif & Karmiloff-Smith 2005).

Una prova empirica del concetto di processo attivo di sviluppo è offerta dai dati relativi allo sviluppo neuroanatomico del cervello. Questi dati mostrano come esso sia in grado di modificarsi continuamente attraverso il proprio stesso funzionamento, plasmando la sua struttura (Valenza & Turati, 2019). Durante la gravidanza, i circuiti neurali in fase di sviluppo ricevono informazioni dall'attività spontanea generata dal sistema nervoso stesso e dagli stimoli tattili, olfattivi, gustativi e uditivi, che emergono man mano che si sviluppano le diverse modalità sensoriali (Lickliter, 2011). Ciò significa che anche prima della nascita l'ambiente intrauterino può influenzare lo sviluppo del feto. Come sottolineato da Shonkoff e Phillips (2000), il processo di sviluppo inizia fin dalla vita prenatale e prosegue lungo tutto l'arco della vita, ed è influenzato da molteplici fattori ambientali.

Il cervello umano è un organo unico nel suo genere poiché non subisce solamente un aumento di dimensioni, ma anche un processo continuo di modificazione dell'architettura neurale anche dopo la nascita. Il cervello del neonato è solo parzialmente strutturato e caratterizzato da vincoli che guidano la maturazione delle diverse aree cerebrali, influenzando così la successiva modifica strutturale e funzionale del cervello durante i primi anni di vita (Johnson, 2011). Tale organo è, quindi, in costante evoluzione e gli stimoli provenienti dall'ambiente circostante svolgono un ruolo fondamentale nel rimodellamento dei circuiti neurali già esistenti o nella creazione di nuove connessioni (Knudsen, 2004). L'interazione tra fattori biologici e ambientali, come la qualità delle cure parentali e la stimolazione cognitiva, è stata identificata infatti come un fattore chiave nello sviluppo cerebrale e cognitivo, in particolare nelle prime fasi di vita (Meaney, 2010; Lester et al., 2017).

È importante sottolineare che questo processo di plasticità, pur continuando per tutto l'arco della vita, è particolarmente evidente nelle prime fasi dello sviluppo, e si presenta in aree corticali diverse in momenti diversi dello sviluppo. Si fa riferimento ai cosiddetti "periodi sensibili", definiti come delle "finestre di opportunità" per il sistema cognitivo, nelle quali il sistema nervoso centrale di un individuo è particolarmente suscettibile alle influenze dell'ambiente e l'influenza di esperienze esterne può favorire l'evoluzione e la modificazione del cervello (Hubel e Wiesel, 1970). I periodi sensibili rappresentano un'opportunità ma allo stesso tempo una fase critica per lo sviluppo cognitivo e, dunque, la loro identificazione è essenziale per comprendere l'influenza dell'ambiente nel processo di sviluppo, aumentando la vulnerabilità del sistema. È stato dimostrato, per esempio, che la crescita in un ambiente socialmente deprivato, la mancanza o la poca costanza di cure parentali e di interazioni sensoriali può portare all'insorgenza di disturbi del neurosviluppo e/o malattie croniche (Lupien, McEwen, Gunnar, & Heim, 2009). A tal proposito, uno studio condotto da Rutter e O'Connor (2004) ha mostrato che i bambini istituzionalizzati privati di cure, carezze e attenzioni durante l'infanzia, presentassero, infatti, una maggiore probabilità di sviluppare difficoltà in diverse aree dello sviluppo tra cui il linguaggio, la memoria, l'attenzione e la socializzazione.

Parallelamente a ciò, i recenti modelli di *embodied development*, si inscrivono nella cornice neurocostruttivista proponendo un approccio teorico sull'analisi del corpo e dell'esperienza sensoriale corporea nell'interazione con l'ambiente, riconoscendo

l'importanza della percezione e dell'azione per lo sviluppo cognitivo (Smith & Thelen, 2003). Secondo questo approccio, il corpo e l'ambiente sono strettamente interconnessi e l'esperienza sensoriale dell'individuo ha un ruolo centrale nello sviluppo di competenze cognitive (Fogel & Thelen, 1987). In particolare, l'approccio dell'*embodied development* sottolinea l'importanza del movimento e della stimolazione tattile per lo sviluppo dei sistemi sensoriali e motori, così come per l'organizzazione del sistema nervoso centrale (Thelen & Smith, 1994).

Quindi, le possibilità di azione e interazione del bambino, le sue dimensioni e le sue caratteristiche corporee, così come tutte le esperienze senso-motorie con il mondo circostante, contribuiscono e interagiscono nel modellare le traiettorie di sviluppo (Marshall e Meltzoff, 2015). Nelle prime fasi dello sviluppo, infatti, il tocco fornisce importanti informazioni sensoriali che contribuiscono alla formazione delle connessioni neurali e al consolidamento delle esperienze (Blakemore & Frith, 2005).

In sintesi, l'ambiente svolge un ruolo fondamentale nello sviluppo e può influenzare in modo significativo la funzione cerebrale, le abilità cognitive e il comportamento sociale. Questi risultati suggeriscono l'importanza di fornire un ambiente arricchito e stimolante per promuovere lo sviluppo ottimale dei bambini.

1.2. L'autoregolazione: definizioni, meccanismi fisiologici e funzioni esecutive

L'autoregolazione è un concetto centrale nella psicologia e nelle neuroscienze, poiché si riferisce alla capacità di controllare e regolare il proprio comportamento, le emozioni e i pensieri. Si tratta della capacità di auto-controllarsi, auto-organizzarsi e auto-gestirsi per raggiungere un obiettivo o adattarsi ad una situazione. Questo processo coinvolge una serie di meccanismi cognitivi, comportamentali ed emotivi che lavorano insieme per regolare l'attività del Sistema Nervoso Centrale (SNC) e per produrre un comportamento coerente con gli obiettivi e le norme sociali (Zimmerman, 2013).

L'autoregolazione può essere vista come una caratteristica multidimensionale del temperamento che coinvolge la regolazione flessibile del comportamento, dell'emozione e della cognizione attraverso meccanismi neurali "top-down" e "bottom-up" (Bandura, 1991; Bridgett et al., 2015; Berger et al., 2007).

La regolazione top-down può essere suddivisa in due sottocomponenti: la regolazione dell'emozione e la regolazione del comportamento, i quali presentano alcune somiglianze in termini di definizioni concettuali e substrati neurobiologici condivisi. Tuttavia, sono presenti alcuni meccanismi neurobiologici distinti per ognuno (Bridgett et al., 2015).

La regolazione dell'emozione si riferisce ai processi di regolazione (top-down) che servono ad aumentare o diminuire l'intensità di un'emozione e/o mantenerla in base alle richieste della situazione (Gross, 2002; Gross & John, 2003; Cole et al., 2004). Questa regolazione coinvolge processi cognitivi (come la ri-valutazione, la soppressione, il rimuginio) e comportamentali (come la distrazione, l'auto-sollievo). La regolazione comportamentale, invece, si riferisce ai processi di regolazione top-down finalizzati a modulare il comportamento dell'individuo a seconda dell'obiettivo preposto. Questa regolazione coinvolge diversi costrutti come le funzioni esecutive (Miyake & Friedman, 2012; Miyake et al., 2000), il controllo temperamentale (Rothbart et al., 2006) e l'autodisciplina (Gottfredson & Hirschi, 1990).

La sovrapposizione concettuale tra gli aspetti della regolazione top-down si estende agli studi che hanno cercato di identificare le origini neurali dei vari processi di autoregolazione. Diverse aree corticali prefrontali, tra cui la corteccia orbitofrontale, dorsomediale prefrontale, dorsolaterale prefrontale, ventrolaterale prefrontale e la corteccia cingolata anteriore, sembrano essere coinvolte nella regolazione dell'emozione (Phillips et al., 2008; Ochsner & Gross, 2005; Buhle et al., 2014). È stata riscontrata, ad esempio, una relazione significativa tra l'attività nelle aree dorsolaterale prefrontale, dorsomediale prefrontale e ventrolaterale prefrontale e l'uso della ri-valutazione, una strategia cognitiva di regolazione dell'emozione. È stato anche osservato che la corteccia orbitofrontale, la corteccia ventromediale prefrontale e la corteccia cingolata anteriore sono coinvolte nella distrazione (Kanske et al., 2011). Inoltre, è stato appurato come il giro frontale si attivi durante la regolazione attiva dell'emozione mediante soppressione (Vanderhasselt et al., 2013) e sia visibile una riduzione della materia grigia nel giro frontale durante l'aumento del rimuginio, (Kühn et al., 2012). Collettivamente, questi studi hanno dimostrato l'importanza di diverse aree all'interno della corteccia prefrontale nei molteplici processi di regolazione dell'emozione spesso considerati coinvolti nella regolazione top-down dell'emozione (Webb et al., 2012).

Esistono evidenze di attività neurobiologiche nella corteccia prefrontale anche alla base della regolazione top-down del comportamento. Nel contesto dello sviluppo, i meccanismi di autoregolazione di ordine superiore, ossia le cosiddette “funzioni esecutive”, non sono presenti fin dalla nascita, ma emergono gradualmente attraverso l'interazione tra le funzioni regolatorie fisiologiche di base e le influenze dell'ambiente circostante (Feldman, 2009). Tali funzioni superiori, come la memoria di lavoro, il controllo inibitorio o il controllo attentivo, producono un'attivazione in diverse aree della corteccia prefrontale, tra cui la dorsolaterale, prefrontale e orbitofrontale (Boes et al., 2008, Collette et al., 2005; Dalley et al., 2004; Miyake et al., 2000; Whittle et al., 2008).

Nel periodo neonatale, mantenere l'omeostasi e regolare gli scambi con l'ambiente esterno rappresenta un obiettivo fondamentale. Nei primi mesi di vita le modalità di regolazione si osservano nella capacità dei neonati di adattare in modo flessibile lo stato neurocomportamentale, che rappresenta il ritmo biologico di base che alterna stati di sonno e veglia e l'alimentazione (funzioni meramente fisiologiche) (Ponitz et al., 2009). Con la crescita, il corretto sviluppo delle funzioni esecutive diventa indispensabile per un regolare processo di autoregolazione, in quanto queste ultime permettono ai bambini di modulare e controllare i loro comportamenti in risposta alle esigenze ambientali e alle richieste sociali. Le capacità regolatorie fisiologiche, quindi, si sviluppano e vengono successivamente integrate con nuove abilità emergenti, come la regolazione delle emozioni e dell'attenzione (Feldman, 2009)

Nonostante le funzioni esecutive siano già presenti dalla nascita, tali abilità cognitive superiori si sviluppano rapidamente durante dall'infanzia fino all'adolescenza, in particolare nel periodo che va dai 2 ai 7 anni. In questa fase, il cervello del bambino risulta particolarmente sensibile e subisce una serie di cambiamenti strutturali e funzionali che permettono l'acquisizione di nuove abilità cognitive (Levine & Marks, 2019).

Già durante il corso del primo anno di vita, il bambino inizia a sviluppare le prime abilità di attenzione condivisa e di controllo dell'attenzione. Ad esempio, impara a seguire lo sguardo della madre o del padre e a concentrarsi su un oggetto o un evento specifico. Inoltre, impara a regolare le proprie emozioni in risposta agli stimoli ambientali e sociali. In questo periodo le funzioni esecutive sono ancora in via di sviluppo e dipendono

principalmente dallo sviluppo del lobo frontale del cervello, che continua a maturare fino all'età adulta (Blair & Diamond, 2008).

Dal secondo anno di vita, il bambino inizia a sviluppare abilità di pianificazione e organizzazione delle attività quotidiane, come mangiare e vestirsi in modo autonomo. In questa fase, è importante incoraggiare l'autonomia del bambino e fornire opportunità di scelta e decisione, in modo da favorire lo sviluppo dell'autoregolazione. Tra i 3 e i 4 anni, il bambino acquisisce abilità di flessibilità cognitiva e di auto-monitoraggio. Ad esempio, inizia a comprendere le regole sociali e a monitorare le proprie azioni in modo da adattarsi alle regole. Inoltre, si osserva una progressiva crescita nella capacità di mantenere l'attenzione su un'attività per un periodo di tempo prolungato. Durante l'età scolare, le funzioni esecutive continuano a svilupparsi, in particolare la capacità di pianificare e organizzare il proprio lavoro scolastico, di monitorare i propri progressi e di modificare la propria strategia in base alle esigenze. L'adolescenza rappresenta una fase importante per lo sviluppo della flessibilità cognitiva e dell'inibizione delle risposte impulsive, in quanto il bambino deve affrontare situazioni sociali più complesse e adattarsi a nuovi ruoli e responsabilità (Keeley, 2016).

In sintesi, risulta importante evidenziare l'importanza delle varie aree della corteccia prefrontale nella regolazione comportamentale top-down, in particolar modo nelle funzioni esecutive. Per questo motivo, la corteccia prefrontale acquisisce un ruolo cardine nello sviluppo bambino, in quanto inizia il proprio sviluppo nella vita intrauterina ma continua a svilupparsi anche dopo la nascita, raggiungendo la completa maturazione solamente dopo l'età adulta e suggerendo, dunque, come lo sviluppo dell'autoregolazione sia un processo che si sviluppa gradualmente e che risulta particolarmente sensibile ai fattori ambientali sia prima che dopo la nascita (Diamond, 2013).

1.2.1. Variabilità cardiaca come indice di autoregolazione fisiologica

Il Sistema Nervoso Autonomo (SNA) svolge un ruolo cruciale nel coordinare le risposte fisiologiche ai cambiamenti dell'ambiente. Lo sviluppo della regolazione autonoma inizia già nell'utero: si osserva un aumento degli indici di attivazione simpatica e di modulazione vagale all'aumentare dell'età gestazionale, come evidenziato dai cambiamenti nella regolazione autonoma del sistema cardiovascolare e dello stato neurocomportamentale (attività fetale) (Schneider et al., 2018). In particolare, le capacità

di autoregolazione e la modulazione dell'arousal sembrano essere mediati dall'attività parasimpatica (tono vagale), che viene comunemente valutata attraverso la misurazione della variabilità della frequenza cardiaca (HRV) (Berntson et al., 1997).

Ciò che andremo ad approfondire nello specifico in questo elaborato di Tesi è proprio l'indice della variabilità della frequenza cardiaca o *Heart Rate Variability* (HRV) in connessione ai processi di autoregolazione.

L'HRV è definita come la variazione nel tempo tra i battiti cardiaci successivi ed è un riflesso della regolazione autonoma che sottende la capacità dell'organismo di adattarsi in modo continuo alle sfide interne ed esterne (McCraty et al., 2015). L'HRV rappresenta un ottimo indice per ottenere informazioni sui meccanismi di regolazione cardiaca e fornire preziose intuizioni sullo sviluppo del bambino e sul funzionamento del SNA (Chiera et al, 2020). Tra i metodi utilizzati per valutare l'HRV nel dominio del tempo, l'indice più comune è il RMSSD (radice quadrata della media dei quadrati delle differenze successive), che si basa sulle differenze tra gli intervalli di tempo tra i battiti cardiaci adiacenti e mostra una correlazione con l'HRV ad alta frequenza.

L'indice RMSSD riflette la varianza, battito per battito, della frequenza cardiaca, filtrando la variabilità a frequenza più bassa e catturando le fluttuazioni associate al ciclo respiratorio (Berntson; Lozano; Chen; 2005). Di conseguenza, questo indice fornisce una stima dell'influenza vagale sull'HRV (Shaffer; Ginsberg; 2017), che consiste principalmente nella promozione della sincronizzazione tra i processi respiratori e cardiovascolari durante i cambiamenti metabolici e comportamentali (Berntson, 1997). Infatti, l'HRV è strettamente correlato agli stati neurocomportamentali.

Tale valore può, quindi, riflettere la capacità di modulare l'attività cognitiva, emotiva e comportamentale per adattarsi alle richieste ambientali mutevoli. Questa correlazione parte da due prospettive teoriche prominenti: la prospettiva polivagale di Porges (Porges, 1995, 2001, 2007) e la prospettiva di integrazione neuroviscerale di Thayer e colleghi (Thayer et al., 2009; Thayer et al. 2000); entrambe le teorie si basano su prove che i substrati corticali prefrontali dell'autoregolazione top-down influenzano principalmente l'attività cardiaca attraverso il Sistema Nervoso Parasimpatico.

Uno dei principali motivi per cui l'HRV è considerato un biomarcatore della regolazione top-down è, infatti, la connessione tra le strutture neurali top-down e l'attività cardiaca. In particolare, l'attività corticale prefrontale influenza il Sistema Nervoso Parasimpatico (SNP), che a sua volta influenza l'attività cardiaca. Quest'ultima è influenzata sia dal Sistema Nervoso Parasimpatico che dal Sistema Nervoso Simpatico (Porges, 2007; Saul, 1990; Thayer et al., 2009).

Anche se entrambe le componenti del SNA influenzano la frequenza cardiaca, il SNP è considerato avere un effetto più rapido e predominante sull'HRV a riposo (Berntson et al., 1997) poiché responsabile del rallentamento della frequenza cardiaca a riposo al fine di promuovere un ritmo cardiaco più regolare. L'attivazione del SNP induce il rilascio di neurotrasmettitori come l'acetilcolina, che si lega ai recettori presenti nel cuore e ne rallenta l'attività. Dal momento che le strutture prefrontali implicate nell'HRV influenzano la regolazione top-down dell'autoregolazione, è possibile che l'HRV rifletta l'autoregolazione e che quindi gli indici che riflettono l'HRV possano servire come biomarcatori della dell'autoregolazione top-down. Si può, quindi, affermare che un HRV elevato sia associato a una maggiore capacità di autoregolazione, poiché una maggiore variabilità della frequenza cardiaca indica una maggiore flessibilità SNA e una migliore capacità di adattamento alle situazioni. Al contrario, una bassa HRV è stata associata a una ridotta capacità di autoregolazione e ad una maggiore vulnerabilità allo stress.

1.2.2. Il ruolo fondamentale del *caregiver* nell'autoregolazione del bambino

La regolazione emotiva si riferisce ai processi attraverso cui gli individui modulano le proprie emozioni influenzando quali emozioni sperimentano, quando le sperimentano e come le esperiscono ed esprimono. Questi processi possono essere automatici o controllati e possono avere effetti in uno o più punti nel processo generativo dell'emozione. Comprendendo le emozioni come processi multicomponenti che si sviluppano nel tempo, la regolazione emotiva implica cambiamenti nella "dinamica emotiva" (Thompson, 1990), che riguardano la latenza, il tempo di aumento, la durata e la fine delle risposte nei domini comportamentale, esperienziale o fisiologico.

La capacità di regolare le proprie emozioni si sviluppa a partire dall'infanzia: le fondamenta per una buona capacità di gestione delle emozioni vengono costruite all'interno della relazione con i genitori e le altre figure affettive. Il legame tra un genitore

e un bambino viene considerato un sistema di comunicazione affettiva bidirezionale. La qualità di questa comunicazione influisce sull'evoluzione del bambino e determina se e come il bambino raggiungerà i propri obiettivi di sviluppo, oltre che il suo stile di attaccamento. Inoltre, la qualità dell'interazione tra il bambino e le sue figure di riferimento influisce sulla sua esperienza emotiva e sulla sua capacità di regolare le emozioni (Tronick, 1989).

Durante le interazioni, il *caregiver* e il bambino si impegnano in un processo costante di regolazione reciproca. Questo processo comporta la comunicazione di intenzioni ed emozioni da entrambe le parti, con una risposta coordinata alle espressioni dell'altro (Gianino & Tronick, 1988; Beebe & Lachmann, 1994). Un esempio di interazione prototipica nella prima infanzia è lo scambio ludico faccia-a-faccia tra una madre e il suo bambino. In una situazione ideale, ci aspetteremmo che entrambi i partner provino piacere nell'essere insieme e mostrino affetto positivo, coordinando i propri comportamenti in modo da contribuire alla conversazione in modo sinergico. Si instaura un sistema bidirezionale in cui la comunicazione affettiva tra genitore e bambino influenza e modifica reciprocamente l'esperienza affettiva dell'altro. Pertanto, oltre al ruolo attivo del bambino nella comunicazione, diventa fondamentale il ruolo del *caregiver* nel riconoscere e interpretare tali comunicazioni affettive, al fine di aiutare il bambino a raggiungere i propri obiettivi e modificare il suo stato emotivo (Tronick, 1989).

Per il sano sviluppo del bambino, è di fondamentale importanza che l'interazione con il genitore permetta di raggiungere una regolazione adeguata dello stato emotivo e dell'attivazione fisiologica. Questo processo aiuta a organizzare in modo funzionale l'esperienza del bambino e i suoi comportamenti. Tale regolazione dipenderà sia da fattori individuali del bambino, sia dall'interazione con l'altro durante l'interazione. Il *caregiver*, durante le interazioni, fornisce una serie di stimoli che promuovono la regolazione emotiva, comportamentale e fisiologica. Il tocco affettivo, la voce rassicurante, il gioco strutturato e la routine quotidiana sono esempi di fattori che possono influenzare positivamente l'autoregolazione dei bambini, aiutandoli a sviluppare abilità di autocontrollo e di gestione delle risposte affettive e del distress (Feldman, 2012).

Entrambi i membri della relazione *caregiver*-bambino sono dotati di competenze di autoregolazione che consentono loro di regolare il proprio stato affettivo e di attivazione

durante l'interazione. Tuttavia, la risposta emotiva, spaziale e temporale di ogni partner influisce anche sulla capacità dell'altro di regolare il proprio stato interno. Questo fenomeno è noto come "regolazione interattiva", in cui il comportamento di ciascun partner durante l'interazione è influenzato dalle azioni dell'altro (Beebe & Lachmann, 2002b).

Per l'infante, la capacità di regolare i propri stati interni non dipende solo dal genitore. Fin dai primi mesi di vita, il bambino dispone di un ampio repertorio comportamentale, come guardare altrove, succhiare o manipolare oggetti o parti del proprio corpo, che ha la funzione di distogliere l'attenzione da eventi vissuti come disturbanti (Derryberry & Rothbart, 1984). Questi comportamenti autoregolatori permettono al bambino di regolare il proprio stato interno e di organizzare in modo funzionale i propri comportamenti per interagire con gli altri in modo efficace (Tronick, 2007). Tuttavia, questi comportamenti hanno limiti, soprattutto nelle prime fasi della vita, e non sempre riescono a mantenere la regolazione e l'organizzazione comportamentale del bambino.

Il ruolo del *caregiver* risulta quindi fondamentale per la regolazione del bambino, poiché attraverso le cure genitoriali e la continua interazione con il bambino, il *caregiver* può agire come regolatore esterno al fine di rinforzare le limitate capacità di autoregolazione del bambino (Tronick, 1989). La regolazione emotiva, intesa come modulazione dello stato emotivo per organizzare i propri comportamenti in modo coordinato e finalizzato, è resa possibile attraverso un processo bidirezionale. Da una parte, il bambino può regolare il proprio stato emotivo attingendo alle proprie risorse comportamentali. D'altra parte, il bambino comunica il proprio stato interno all'adulto, che risponde favorendo la comprensione dello stato affettivo e la regolazione emotiva (Tronick, 2007).

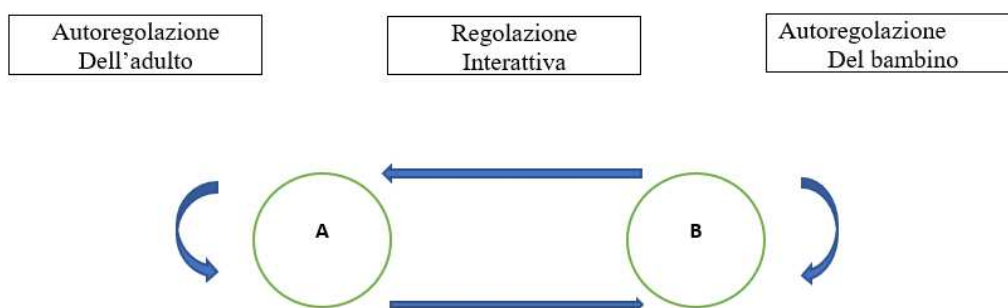


Fig1. Interconnessione tra processi di autoregolazione e regolazione interattiva durante l'interazione caregiver-bambino (Adattata da Beebe & Lachmann. 2002b).

La regolazione interattiva influisce sia sui processi interni sia sui processi relazionali che determinano la regolazione emotiva del bambino. Il successo o il fallimento dell'interazione interattiva dipende dalle dinamiche che si instaurano tra i due partner. Allo stesso modo, i cambiamenti che avvengono nell'autoregolazione di ciascun partner influenzano le dinamiche interattive, creando un sistema bidirezionale in cui la regolazione emotiva dipende dalla combinazione di regolazione autonoma e interattiva (Beebe & Lachmann, 2022b).

Durante le interazioni quotidiane, il bambino sviluppa delle aspettative sul modo in cui i propri stati emotivi possono essere regolati a livello individuale e durante l'interazione con il genitore. Tuttavia, anche nelle situazioni ottimali, la coordinazione non è sempre presente e possono verificarsi situazioni in cui le aspettative del bambino vengono violate a causa di una mancata coordinazione o di un improvviso cambiamento di tema nell'interazione tra i due partner. In questo caso, si parla di "rottura interattiva" per descrivere la mancata corrispondenza tra i comportamenti dei due partner (Beebe & Lachmann, 2022b; Tronick, 2007).

Sono le abilità comunicative del *caregiver* a rendere possibile il concatenarsi di interazioni mutualmente coordinate; la presenza di scambi più o meno prevedibili nelle interazioni quotidiane con il genitore porta il bambino a costruirsi una serie di aspettative relative alla modalità con cui i propri stati affettivi potranno essere regolati sia a livello individuale sia a livello di interazione. Tali aspettative fungono da pilastro per l'organizzazione dell'esperienza del bambino e da basi per lo sviluppo dello stile di attaccamento del bambino. La sicurezza e la disponibilità del genitore nei confronti del bambino, la contingenza e la continuità nelle risposte alle sue esigenze permettono al piccolo di sviluppare un attaccamento sicuro nei confronti dell'adulto di riferimento.

Tuttavia, se il *caregiver* non è sempre presente al momento del bisogno o risponde in modo inadeguato, possono verificarsi situazioni in cui le aspettative del bambino vengono violate a causa di una mancata coordinazione o di un improvviso cambiamento di tema nell'interazione tra i due partner. In questo caso, si parla di "rottura interattiva" per descrivere la mancata corrispondenza tra i comportamenti dei due partner (Beebe & Lachmann, 2022b; Tronick, 2007).

In queste situazioni, la coppia dovrà lavorare insieme per riparare la propria relazione, in modo da coordinare nuovamente i propri comportamenti e sentimenti in modo reciproco. La conferma e l'adempimento delle aspettative sulla regolarità dell'interazione hanno un impatto significativo sul bambino. Se ciò non avviene ripetutamente, il bambino potrebbe crescere sviluppando un attaccamento di tipo insicuro o insicuro-ambivalente/evitante (DeCasper & Carstens, 1980).

La capacità del bambino di modulare il proprio livello di attivazione in risposta al contributo del partner dipende, quindi, dalla possibilità di entrare in corrispondenza con i suoi effetti. Se le condizioni sono ottimali, il bambino svilupperà l'aspettativa che il *caregiver* risponda positivamente quando cercherà di coinvolgerlo in uno scambio, ad esempio attraverso lo sguardo, il sorriso o un vocalizzo. In tal caso, l'adulto sarà disponibile a lasciarsi coinvolgere e adattare le caratteristiche affettive, spaziali e temporali dei propri comportamenti a quelle del bambino.

1.2.3. Il contatto tattile come modulatore dei meccanismi di autoregolazione dalla nascita

Già a partire dall'esperienza intrauterina del feto, i primi contatti con il mondo esterno sono principalmente basati sulle sensazioni tattili, che costituiscono uno dei primi e più immediati modi di interagire con l'ambiente fisico e sociale circostante. Una prima dimostrazione di ciò venne data già nel 1943 da Hooker, il quale osservò, attraverso studi in vitro, che già dalla condizione fetale (a partire dalla 8,5 settimana di gestazione), l'umano ha la capacità di avvertire alle carezze con un capello/pelo sottile intorno alle aree periorali, prima ancora che i recettori del tatto discriminativo si sviluppino. Questo risultato è stato confermato successivamente da Arabin et al. (1996) su embrioni in vivo.

Successivi studi hanno dimostrato, infatti, come durante la gravidanza i feti inizino a reagire attivamente alle vibrazioni applicate sull'addome materno, manifestando un aumento dei movimenti e un'accelerazione della frequenza cardiaca (Kisilevsky, Muir & Low, 1992). Il contatto tattile esterno genera una stimolazione vibroacustica nel liquido amniotico, che a sua volta stimola il sistema C-tattile, attivando aree cerebrali come l'ipotalamo e la corteccia insulare e provocando oscillazioni dei peli lanuginei, i quali innescano il tono vagale e il rilascio di ossitocina e ormoni gastrointestinali (Bystrova,

2009). Questo attesterebbe che il cervello sociale in formazione, e di conseguenza il senso di Sé legato al corpo, sia predisposto già durante la gestazione.

La primaria importanza anatomica e funzionale del senso del tatto durante lo sviluppo fetale (Montagu, 1971) e l'ampia presenza di contatto tattile nelle cure parentali dopo il parto, suggeriscono che il tatto giochi un ruolo fondamentale nella precoce crescita socioaffettiva del bambino, facilitando la connessione tra le esperienze sensoriali e i significati sociali ed emotivi (Cascio et al., 2019). Inoltre, è noto il contatto pelle-a-pelle abbia effetti diretti *sull'arousal* fisiologico dei neonati, promuovendo la loro capacità di regolare il proprio stato interno in risposta alle informazioni sensoriali adeguate provenienti dall'esterno e sostenendo il graduale processo di differenziazione tra Sé e gli altri.

Nelle prime ore di vita dopo il parto, il contatto tra madre e neonato sembra migliorare lo stato di sonno tranquillo del bambino, interpretato come risposta adattativa allo stress del parto, e supportare lo sviluppo della regolazione neurocomportamentale. Inoltre, tale contatto influisce positivamente sulla sensibilità materna, con potenziali effetti benefici sulla interazione reciproca a lungo termine (Bystrova et al., 2009).

Durante il periodo neonatale, l'interazione sociale e lo sviluppo neurologico sono fortemente interconnessi, rendendo questo un periodo critico e sensibile, nel quale il tipo e l'intensità delle interazioni sociali e delle corrette esperienze precoci possano avere un impatto significativo sullo sviluppo e l'espressione del comportamento sociale (Hanganu-Opatz et al., 2021). Infatti, la mancanza di esperienze sensoriali adeguate dopo la nascita può portare a risposte anomale agli input sensoriali e a relazioni sociali compromesse anche nella successiva vita adulta (Che et al., 2018).

Studi condotti su roditori hanno confermato l'effetto riduttore dello stress del tocco, in particolare il leccare e il toelettare dei cuccioli da parte delle loro madri, che può modificare permanentemente la risposta degli adulti a eventi stressanti (Champagne e Meaney, 2007). Inoltre, Menard et al. (2004) hanno dimostrato che il comportamento di leccare e toelettare materno nei ratti può influenzare il comportamento e le risposte neuronali della prole adulta ad uno stimolo pauroso, suggerendo che i livelli di contatto affettivo tra madre e cucciolo possono influenzare il comportamento e le risposte naturali degli animali nella loro vita adulta. Tali effetti sono stati ulteriormente supportati da

Hellstrom et al. (2012), che hanno confermato che la progenie adulta che ha ricevuto un maggior numero di leccate e toelettature da parte delle madri mostra una risposta ridotta allo stress, grazie alla programmazione epigenetica. È importante notare che il comportamento di leccare e toelettare si concentra su specifici siti corporei dei cuccioli, come la testa/orecchie e il dorso, dove i meccanocettori tattili lenti (CLTM) sono maggiormente rappresentati (Li et al., 2011; Liu et al., 2007; Vrontou et al., 2013).

La ricerca sugli animali ha dimostrato che le interazioni sociali durante il periodo neonatale possono influenzare l'espressione del comportamento adulto attraverso la modulazione della sensibilità ai neuropeptidi, come l'ossitocina e la vasopressina arginina, che a loro volta influenzano comportamenti come affiliazione, aggressività, atteggiamento genitoriale, comportamento socio-sessuale e risposte allo stress (Cushing e Kramer, 2005).

Per quanto concerne gli esseri umani, uno studio condotto da Sharp et al. (2012) ha esaminato se i comportamenti materni postnatali potessero modificare le conseguenze negative dello stress prenatale nei neonati umani. In particolare, gli autori hanno indagato se le carezze materne durante le prime settimane post-partum potessero alterare le associazioni tra depressione prenatale e risultati fisiologici e comportamentali nell'infanzia. I risultati hanno individuato un'interazione significativa tra depressione prenatale e carezze materne, in cui l'aumento della depressione materna è associato all'aumento dell'emotività negativa solo in presenza di bassi livelli di carezze materne. Questo studio fornisce prove del fatto che la quantità e la modalità di tocco affettivo nell'infanzia abbia effetti simili a quelli riportati nei roditori.

La ricerca sullo sviluppo ha rivelato che già dalla primissima infanzia i bambini hanno una sensibilità fisiologica differenziata ai diversi stimoli tattili presentati. Un recente studio ha dimostrato che i neonati sono in grado di discriminare tra tocco affettivo (carezza con una mano umana o un pennello) e tocco non affettivo (tapping con una spazzola) e di regolare in modo adattativo la loro attività fisiologica in risposta a queste stimolazioni specifiche (Della Longa et al., 2021). È stato evidenziato come bambini tra 1 e 4 mesi di età hanno mostrato un aumento della variabilità della frequenza cardiaca durante il tocco di carezza rispetto al tocco statico, suggerendo che il tocco affettivo,

mediato dalle fibre CT, può svolgere un ruolo essenziale nello sviluppo della regolazione fisiologica mediata dall'attività parasimpatica (Van Puyvelde et al., 2019).

Inoltre, è stato attestato che la carezza dolce, lenta e calda ha un impatto positivo sulla regolazione fisiologica anche nel caso di nascita pretermine. Infatti, i neonati prematuri tra le 28 e le 37 settimane di età gestazionale (*late preterm e moderate preterm*) hanno mostrato una decelerazione della frequenza cardiaca e un aumento dei livelli di ossigenazione del sangue nel momento della carezza gentile e lenta rispetto al tocco statico. Questi effetti si mantengono anche dopo il periodo di stimolazione tattile (Manzotti et al., 2019).

Per quanto concerne la sensibilità al tocco affettivo, uno studio condotto su bambini di 9 mesi ha esaminato le variazioni della frequenza cardiaca in risposta a carezze sul braccio effettuate con una spazzola con tre diverse velocità (molto lenta, media e veloce). È emerso che solo quando la carezza veniva effettuata a una velocità media di 3 cm/s, ottimale per attivare le fibre CT, la frequenza cardiaca dei bambini diminuiva (Fairhurst et al., 2014). Questi risultati suggeriscono che il tocco affettivo potrebbe effettivamente avere degli effetti sul miglioramento della regolazione, fornendo una base neurobiologica per gli effetti positivi del tocco sulla promozione dello sviluppo sociale e cognitivo. Studi più recenti suggeriscono che il tocco affettivo potrebbe anche favorire l'interazione sociale e l'apprendimento di informazioni facciali nei bambini, facilitando la regolazione dello stato fisiologico durante l'elaborazione di informazioni sociali multisensoriali (Della Longa et al., 2019; Della Longa et al., 2020).

È necessario evidenziare l'importanza distintiva del tocco affettivo nella regolazione del comportamento e dei processi fisiologici, facilitando l'equilibrio tra le esigenze fisiologiche interne e le reazioni all'ambiente esterno fin dalle prime fasi della vita. In particolare, si suggerisce che il tocco affettivo favorisca la regolazione degli stati fisiologici interni e lo sviluppo dell'identità corporea come base fondamentale per l'emergere di meccanismi di auto-regolazione di livello più avanzato, sottolineando l'importanza cruciale delle esperienze tattili precoci nel modellare percorsi di sviluppo socio-emotivo e cognitivo sia tipici che atipici (Cascio et al., 2019).

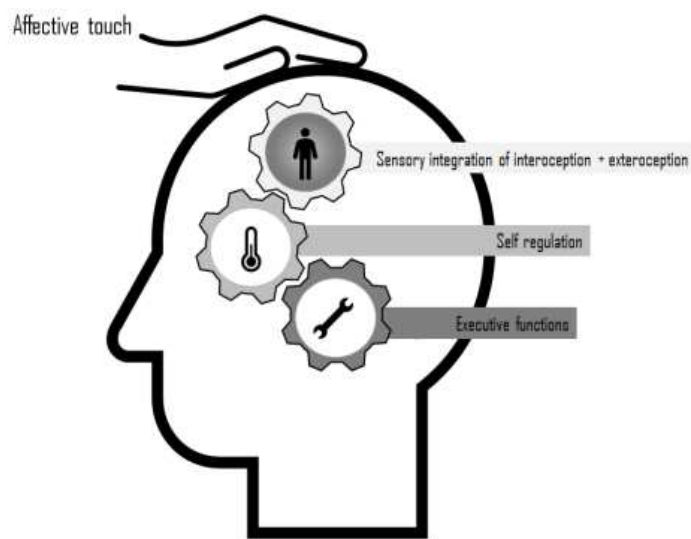


Fig. 2. Rappresentazione schematica del ruolo del tocco affettivo nel promuovere i meccanismi di integrazione sensoriale, auto-regolazione e funzioni esecutive. Tratto da *“The self-regulatory affective touch: a speculative framework for the development of executive functioning”* (Farroni, Della Longa, Valori, 2022)

Capitolo 2: Il tocco affettivo: aspetti neurofisiologici e funzioni del contatto

2.1. Il Sistema Somatosensoriale Tattile

Il sistema nervoso somatosensoriale è responsabile della percezione e della trasmissione di informazioni sensoriali dalla superficie nostro corpo al sistema nervoso centrale (Bear, Connors, & Paradiso, 2016). I recettori tattili si trovano nella pelle e hanno il compito di monitorare lo stimolo presente nell'ambiente circostante e convertirlo in un segnale elettrico che può essere interpretato dal sistema nervoso attraverso il processo di trasduzione. I recettori somatosensoriali possono essere classificati in:

1. Meccanorecettori: sono situati nella pelle e rispondono alla pressione, alla vibrazione e al movimento. Tra questi troviamo i corpuscoli di Meissner, che si trovano nella parte più superficiale della pelle e rispondono alla pressione leggera e alle vibrazioni; i corpuscoli di Pacini che sono situati in profondità nella pelle e rispondono alle forze di compressione profonde (Schmidt, Thews, & Lang, 1989);
2. I termocettori: sono recettori cutanei specializzati nella percezione della temperatura. Questi recettori sono divisi in due categorie: i recettori per il caldo (più attivi a temperature superiori a 37°C) e i recettori per il freddo (più attivi a temperature inferiori a 37°C);
3. I nocicettori: sono recettori cutanei specializzati nella percezione del dolore. Questi recettori rispondono a stimoli dannosi o potenzialmente dannosi per la pelle, come tagli, bruciature o pressione eccessiva (Kandel, Schwartz, & Jessell, 2013). Sono divisi in due tipi: i recettori meccanici, che rispondono alla pressione e alla deformazione dei tessuti, ed i recettori chimici, che rispondono a sostanze chimiche rilasciate nei tessuti danneggiati (Merskey & Bogduk, 1994);
4. I propriocettori: questi recettori sono situati nei muscoli, nei tendini e nelle articolazioni e sono responsabili della rilevazione della posizione del nostro corpo nello spazio e del movimento delle nostre articolazioni (Proske & Gandevia, 2012);

2.1.2. La pelle: l'organo del tocco e della connessione umana

I recettori cutanei sono una classe di recettori sensoriali specializzati nella percezione di stimoli fisici sulla pelle. Definito come il limite più esterno del sistema nervoso, la nostra pelle funge da sensore principale per gli stimoli ambientali esterni, sia pericolosi che benefici. In quanto organo sensoriale polivalente, la pelle presenta un'ampia varietà di afferenti in grado di distinguere tra vari stimoli sensoriali e codificare queste informazioni per una corretta elaborazione centrale (Maksimovic et al., 2014).

Il funzionamento dei recettori cutanei si basa sulla trasduzione del segnale fisico in un segnale elettrico. Quando un recettore cutaneo viene stimolato, esso genera un potenziale d'azione, ovvero una scarica elettrica, che viene poi trasmessa attraverso i neuroni sensoriali al sistema nervoso centrale per essere interpretato. La trasduzione dei segnali sensoriali dipende dalla presenza di canali ionici specifici sui recettori cutanei che si aprono o chiudono in risposta alla stimolazione fisica (Bear, Connors, & Paradiso, 2007). I recettori tattili sono presenti su tutta la pelle ma sono maggiormente concentrati nella pelle glabra, ovvero la pelle senza peli, dove risultano sensibili a diverse modalità di stimolazione, come la pressione, la vibrazione, la temperatura e il movimento. Tali recettori possono essere suddivisi in classi a seconda della loro funzione: possiamo citare i corpuscoli di Meissner, i corpuscoli di Pacini, i corpuscoli di Merkel e i corpuscoli di Ruffini.

I corpuscoli di Meissner sono situati nella papilla dermica e sono sensibili alla pressione leggera e alla vibrazione. I corpuscoli di Pacini sono situati nel tessuto connettivo del derma e sono sensibili alla pressione profonda e alla vibrazione. I corpuscoli di Merkel sono situati nell'epidermide e sono sensibili alla pressione e alla struttura della superficie. Infine, i corpuscoli di Ruffini sono situati nel derma e sono sensibili alla deformazione della pelle (Thompson & Larson, 2015).

Il sistema neurale della pelle è, quindi, unico tra i sistemi sensoriali umani poiché produce e distingue sensazioni molteplici e diversificate, tra cui il tocco delicato, il dolore, il prurito, il calore e il freddo (Maksimovic et al., 2014). Le fibre afferenti cutanee possono essere suddivise, in base alla velocità di conduzione degli impulsi nervosi, determinata dallo spessore della fibra e dal grado di mielinizzazione (Brown & Iggo 1967; Gardner et al. 2013) (Fig 2).

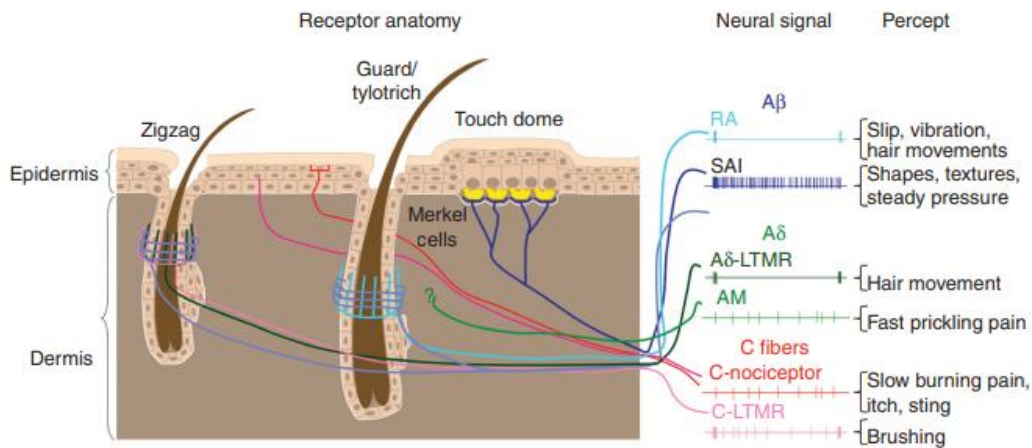


Fig. 3. I recettori tattili della pelle pelosa. Modificata da Bautista & Lumpkin in “*Perspectives on: Information and coding in mammalian sensory physiology: Probing mammalian touch transduction*” (2011).

Lo schema raffigura con colori diversi i recettori che generano segnali neurali con i rispettivi pattern di attività. La percezione delle sensazioni cutanee diversificate è avviata da diversi tipi di neuroni sensoriali.

Le fibre A β (blu) presentano grandi diametri assonali e guaine mieliniche spesse; queste caratteristiche determinano un’alta velocità di conduzione che permette una rapida trasmissione del segnale dalla pelle al SNC. Rispondono a stimoli tattili anche lievi e possono mostrare risposte rapidamente adattive (RA) o lentamente adattive (SA) al tocco.

Le fibre A δ (verde) hanno diametri assonali e guaine mieliniche sottili; trasmettono informazioni legate alla percezione del dolore e delle temperature fredde e calde (Bessou, Burgess, Perl, Taylor, 1971).

Le fibre C (magenta) sono sottili e non mielinizzate, il che rende la loro conduzione relativamente lenta. Includono pruritoceettori e nociceettori che innervano l’epidermide così come le *C-Low Threshold Mechanoreceptors* (C-LTMR) innervano i follicoli piliferi. Sebbene vi siano molte eccezioni, la maggior parte dei nociceettori, dei pruritoceettori e dei termorecettori sono classificati come A δ o C (Maksimovic et al., 2014). (Fig. 3)

Fibre Group	Receptor Type	Modality	Axonal Diameter	Conduction Velocity
Aβ	Low-threshold mechanoreceptors	Discriminative touch	10 μm	60 ms^{-1}
Aδ	Nociceptors	Pain	2.5 μm	12 ms^{-1}
	Thermoreceptors	Temperature		
C	Nociceptors	Pain	1 μm	<2 ms^{-1}
	Thermoreceptors	Temperature	1 μm	<2 ms^{-1}
	Pruriceptors	Itch	1 μm	<1 ms^{-1}
	CT Low-threshold mechanoreceptors	Affective touch	1 μm	<2 ms^{-1}

?

Fig. 4. Tipologie di recettori e caratteristiche

Distribuiti principalmente sulla pelle pilifera, i C-LTMR risultano essere maggiormente sensibili ad uno stimolo lento e con una temperatura neutra, come una carezza delicata (Olausson et al. 2010; Vrontou et al. 2013). Questi afferenti sembrano siano responsabili degli aspetti sociali del tatto che contribuiscono alla formazione di legami di affiliazione (Olausson et al. 2010).

Infatti, secondo l'ipotesi della "*pelle come organo sociale*", il valore emotivo e gratificante del contatto fisico nelle interazioni sociali e di cura riflette un meccanismo evolutivo è mediato proprio dal sistema C-tattile. Quest'ultimo promuove il comportamento affiliativo, ovvero la disposizione a cercare un contatto stretto con gli altri (Morrison et al., 2010). In altre parole, le fibre C-tattili sono selettive nel rispondere a un tipo specifico di tocco sulla base di una gamma di informazioni sensoriali (ad esempio, velocità intermedia, morbidezza, temperatura simile alla pelle umana), rappresentando una prima fase per individuare ed elaborare stimoli tattili che hanno una maggiore probabilità di avere una rilevanza sociale (Morrison et al., 2010; Ackerley et al., 2014; Löken et al., 2009).

2.2. Il senso del tatto: il tocco affettivo e differenze rispetto ad altri tipi di tocco

Il senso del tatto è uno dei primi sensi ad essere sviluppato, già a partire dall'8^a settimana di gestazione. Il tatto svolge un ruolo fondamentale nella discriminazione della posizione degli stimoli sulla superficie della pelle, nell'esplorazione tattile degli oggetti, nell'identificazione e nella manipolazione degli oggetti e nella percezione integrata del nostro corpo (Serino e Haggard, 2009).

Esiste l'ipotesi che le divisioni funzionali dell'organizzazione neurale del tatto possano essere simili a quelle del dolore, che hanno due dimensioni principali e dissociabili: una dimensione sensoriale-discriminativa che supporta la localizzazione spaziale e la codifica dell'intensità dello stimolo e una dimensione motivazionale-affettiva che è coinvolta nella codifica della sua valenza (piacevolezza/sgradevolezza) e nella sua rilevanza motivazionale (Rainville et al., 1997; Hofbauer et al., 2005; Kulkarni et al., 2005; Auvray et al., 2008). La dimensione sensoriale-discriminativa si riferisce all'abilità di percepire le caratteristiche fisiche dell'oggetto toccato, come la sua forma, la sua tessitura e la sua temperatura, permettendo l'identificazione dell'oggetto stesso. La dimensione affettivo-motivazionale, invece, si riferisce all'esperienza emotiva e motivazionale associata al tocco, come la sensazione di piacere o di conforto.

Le forme più rilevanti di contatto sociale possono essere tendenzialmente suddivise in tre categorie. Il "*tocco semplice*" consiste in un breve contatto intenzionale su una zona della superficie corporea del ricevente durante un'interazione sociale. Il "*tocco prolungato*" prevede un contatto più lungo e spesso reciproco della pelle tra individui e include generalmente una componente di pressione, come l'abbraccio o il tenersi per mano. Infine, il "*tocco dinamico*" o "*tocco affettivo*" implica un movimento continuo sulla pelle da un punto all'altro ed è spesso ripetitivo, come nella carezza o l'accarezzamento (Morrison et al., 2010).

Il tocco affettivo è tendenzialmente legato ad un'esperienza emotiva positiva e gratificante, ed è associato a un sistema tattile specializzato: le fibre C-tattili. Queste fibre rappresentano una classe di afferenti periferici a bassa soglia non mielinizzati presenti solo nella pelle pelosa dei mammiferi, che rispondono preferenzialmente a carezze a bassa velocità, bassa forza e temperatura neutra (Vallbo et al., 1999; Olausson et al., 2010).

Le fibre C-tattili furono scoperte per la prima volta nel 1939 nella pelle dei mammiferi pelosi, tra cui gatti e scimmie. Per decenni, si è ipotizzato che gli esseri umani non possedessero questo sistema tattile, all'apparenza primitivo e condiviso con altri mammiferi. Un'analoga tipologia di afferenze è stata, però, riconosciuta negli esseri umani circa cinquant'anni più tardi dei nervi infra-e sopraorbitali. Grazie agli studi di microneurografia, infatti, è stata rilevata per la prima volta la presenza di fibre C-tattili anche nell'area del viso degli esseri umani (Johansson et al., 1988; Nordin, 1990) e, successivi studi hanno mostrato l'esistenza di fibre C-tattili in altre zone della pelle pelosa degli esseri umani come braccia e gambe (Edin, 2001; Vallbo et al., 1993; Vallbo et al., 1999; Wessberg et al., 2003).

Queste fibre CT si trovano, infatti, principalmente nella pelle con peli, ma non nella pelle glabra. I campi recettivi di tali afferenze sono di dimensioni ridotte (fino a 35 mm²) e tendenzialmente disomogenei. Le soglie delle fibre CT e A β (associate tipicamente al tocco discriminativo) sono simili, ma le loro caratteristiche di risposta variano in diversi aspetti. Per esempio, si può notare come la frequenza massima degli impulsi nelle fibre A β è circa dieci volte superiore rispetto alle CT, dato che queste ultime non superano i 100 impulsi al secondo. Non essendo mielinizzate, le afferenze CT, mostrano una bassa velocità di conduzione (0,6 e 1,3 m/s) e un lungo ritardo (latenza di risposta 0,5-1,0 s) dallo stimolo all'arrivo dell'impulso nel cervello (Ackerley et al., 2013). La loro risposta massima si verifica ad una velocità di movimento intorno ai 3 cm/s mentre rispondono in modo più debole a movimenti più veloci. Infatti, mostrando una relazione a forma di U capovolta tra la velocità della carezza e la frequenza di scarica (Lo'ken et al., 2009).

Al contrario, la risposta degli afferenti A β cresce in modo lineare al variare della velocità. Questo suggerisce che gli afferenti CT potrebbero funzionare come "selettori di velocità", preferendo una gamma limitata di velocità che potrebbe avere un'importanza sociale o piacevole (Morrison et al., 2010). (Fig.4).

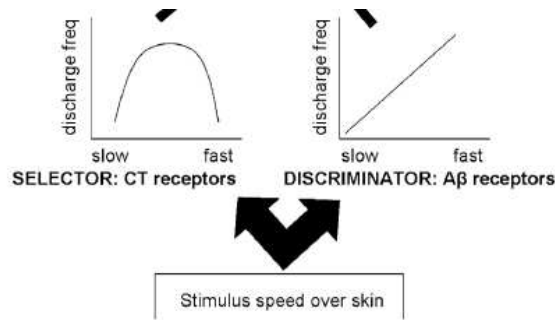


Fig. 5. Modello schematico dei percorsi affettivi e sensoriali-discriminativi per il tatto dinamico nella pelle pelosa. Tratto da Morrison et al. (2010): “*The skin as a social organ*”.

Un'altra caratteristica importante delle afferenti CT è la loro alta affaticabilità, ossia una risposta ridotta quando vengono dati stimoli identici successivi. Di fatti, quando vengono dati diversi stimoli identici, di solito la risposta al primo è molto più grande rispetto a quella dei successivi (Vallbo et al., 1999).

Per quanto concerne la temperatura, invece, è noto come le fibre CT scarichino preferenzialmente in risposta alla temperatura neutra (tipica della pelle umana), rispetto a temperature più calde o più fredde (Ackerley et al., 2014).

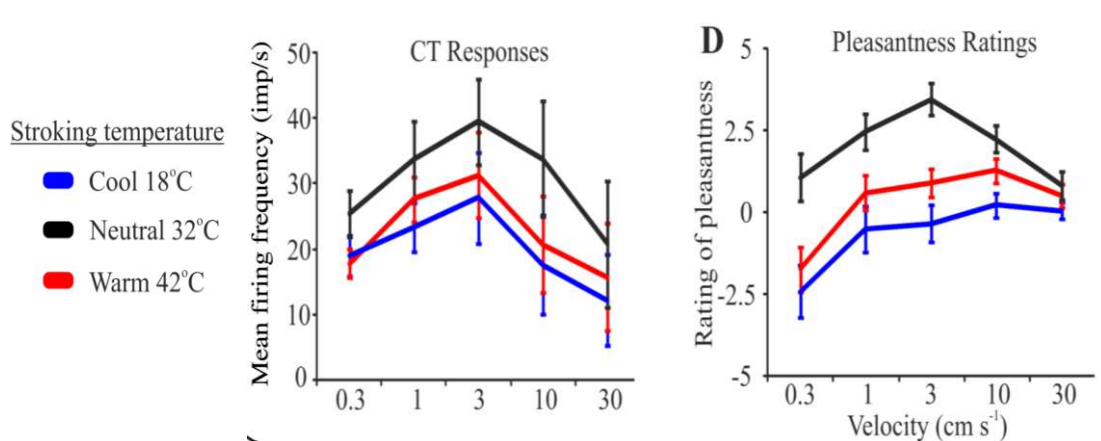


Fig.6. Risposta delle cellule CT alla temperatura.

In sintesi, le afferenze CT manifestano un adattamento di grado intermedio ed è appurato che esse vengano attivate in modo selettivo da stimoli tattili dinamici forniti a bassa velocità (1-10 cm/s), bassa forza (0,3-2,5 mN) e temperatura neutra.

2.3. Il ruolo del tocco affettivo nella modulazione epigenetica

L'epigenetica comportamentale è un campo di ricerca che si occupa di esaminare l'impatto delle esperienze ambientali sulla struttura del DNA e sull'espressione dei geni, esplorando le possibili conseguenze significative sul neurosviluppo cerebrale sia a breve che a lungo termine (Meaney, Szyf, & Seckl, 2007; Weaver et al., 2004). Diversi studi hanno dimostrato che esperienze negative precoci possono interagire con il processo di sviluppo molecolare e neurale, influenzando i comportamenti nella vita adulta (Meaney, 2010; Provencal & Binder, 2015). Ad esempio, è emerso che i neonati prematuri che hanno vissuto esperienze stressanti dopo la nascita nell'Unità di Terapia Intensiva Neonatale (NICU) mostrano delle alterazioni a livello epigenetico, correlate a una riduzione del volume del lobo temporale anteriore e a una minore competenza socio-affettiva a 12 mesi di età (Smith, Fiori-Cowley & Kelleher, 2014).

Si ipotizza che i processi epigenetici possano anche svolgere un ruolo di resilienza, fornendo una protezione dagli effetti negativi delle prime esperienze negative (Meaney, 2010). In questo contesto, i comportamenti dei genitori che promuovono lo sviluppo del bambino possono avere effetti positivi sull'epigenetica, con possibili benefici per la salute mentale e il benessere del bambino in età adulta (Turecki & Meaney, 2016; Wang, Jia, Zhang, Wang, & Tian, 2020).

L'interazione tra il genoma umano e l'ambiente può determinare cambiamenti funzionali nella trascrizione del DNA, che a loro volta influenzano l'espressione genica. Sebbene ogni cellula contenga lo stesso genoma, il fenotipo finale può variare a causa di cambiamenti ereditabili nell'espressione genica indotti da segnali ambientali esterni (John, Rougeulle, 2016). Oltre alla sequenza del DNA stesso, l'espressione genica è influenzata anche dalla struttura del cromosoma e dal modo in cui il DNA è impacchettato al suo interno. La cromatina è un complesso di DNA, RNA e proteine che si organizza in strutture dense per proteggere il DNA durante la divisione cellulare, prevenire danni e regolare l'espressione genica e la replicazione. L'epigenoma, invece, comprende le modificazioni chimiche che si verificano sul DNA e sulla cromatina all'interno di una cellula. Queste modificazioni, che non alterano la sequenza del DNA, possono influenzare l'accessibilità del DNA all'espressione genica e quindi regolare l'attività dei geni. L'epigenoma può essere influenzato dagli stimoli provenienti dall'ambiente

attraverso meccanismi epigenetici come la metilazione del DNA, le modificazioni degli istoni e le molecole di RNA non codificanti (Giorda, 2021).

La ricerca sull'epigenetica comportamentale si è focalizzata principalmente sui cambiamenti nella metilazione del DNA (DNAm) correlati a esperienze avverse precoci, come la nascita prematura, la salute mentale materna e il maltrattamento infantile (Fumagalli et al., 2018; Schiele, Gottschalk, Domschke, 2020; Cecil, Zhang, Nolte, 2020). Questi studi hanno individuato modifiche nella metilazione del DNA di diversi geni, inclusi quelli coinvolti nello stress (come il gene del trasportatore di serotonina: SLC6A4 e il gene del recettore dei glucocorticoidi: NR3C1), nella maturazione cerebrale (come il fattore neurotrofico derivato dal cervello: BDNF) e nei comportamenti sociali (come il gene del recettore dell'ossitocina: OXTR). Al contrario, le evidenze riguardo alla presenza di una firma epigenetica associata ad esperienze positive durante lo sviluppo sono ancora limitate.

Nelle prime fasi della vita del bambino, le interazioni madre-bambino si basano principalmente sul contatto corporeo, come il tocco affettivo e il contatto pelle-a-pelle durante l'allattamento al seno, che favoriscono la regolazione biologica del bambino (Feldman, 2016). Il tocco di cura crea sensazioni di piacere e affetto positivo sia nella madre che nel bambino, contribuendo alla formazione di un attaccamento sicuro e allo sviluppo della resilienza del bambino (Feldman, Weller, Zagoory-Sharon, & Levine, 2007; Feldman, Eidelman, & Sirota, 2002). Diversi studi hanno evidenziato i benefici del contatto tattile nelle prime fasi della vita del bambino, come la regolazione dello stress, la regolazione del sistema nervoso autonomo e persino la riduzione della mortalità nei neonati con basso peso alla nascita (Feldman, Singer, & Zagoory, 2010; Moore, Anderson, & Bergman, 2012; Vittner et al., 2018). Il contatto *skin-to-skin* immediatamente dopo la nascita è stato associato a livelli inferiori di cortisolo salivare, frequenza cardiaca più bassa, miglioramento dei cicli sonno-veglia e miglioramento dell'umore (Feldman et al., 2014).

La ricerca condotta su animali non umani suggerisce che le cure materne possono influenzare l'epigenoma della prole, causando cambiamenti duraturi nell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene. Si è osservato che comportamenti di cura materna aumentati migliorano la sensibilità al feedback corporeo durante lo stress e riducono la risposta allo stress in età

adulta attraverso un aumento dell'espressione dei recettori dei glucocorticoidi nell'ippocampo della prole (Meaney & Szyf, 2005).

Inoltre, è stato dimostrato che il tocco affettivo materno, rispetto a un tocco non-affettivo, favorisce la regolazione parasimpatica nei neonati (Van Puyvelde, Gorissen, Pattyn, McGlone, 2019). Queste evidenze sottolineano l'importanza del tocco di cura durante l'infanzia e il suo impatto sul benessere e lo sviluppo dei bambini (Croy et al., 2016; Feldman et al., 2014; Hertenstein et al., 2006; Montagu, 1971; Panksepp & Biven, 2012).

2.4. Dal tatto al cervello: aree cerebrali coinvolte nell'elaborazione del tocco affettivo

Il termine "corteccia insulare" (insula = "isola" dal latino) deriva dalla sua posizione isolata, situata in profondità all'interno della fessura di Silvio del cervello, sotto il lembo dell'opercolo (Fig.7).

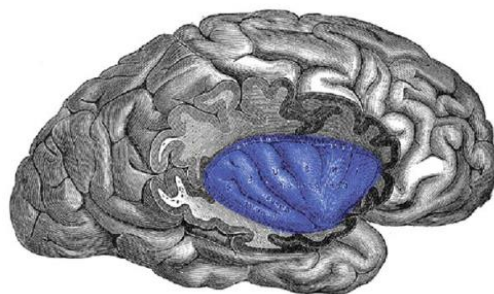


Fig. 7. La corteccia insulare del cervello umano, evidenziata in blu. Adattata da "Anatomia del corpo umano" di Gray, 1918.

Complessivamente, la corteccia insulare è coinvolta in una vasta gamma di funzioni, che vanno dalla semplice elaborazione delle informazioni sensoriali e viscerali (Augustine, 1985) all'elaborazione complessa delle emozioni e della consapevolezza di sé (Craig, 2009, 2011). Tale superficie può essere suddivisa in diverse regioni lungo l'asse ventrodorsale: una regione granulare nella parte posteriore e una regione granulare nella parte anteriore. L'insula posteriore, di tipo granulare (Ig), viene ipotizzata come il principale bersaglio del sistema delle fibre afferenti CT (Craig, 2002).

L'ipotesi che la regione Ig riceva un input principale dalle fibre CT è supportata da una crescente evidenza scientifica riguardante il dolore e le sensazioni di temperatura. Studi condotti su soggetti umani hanno dimostrato che la stimolazione elettrica della parte posteriore dell'insula provoca sensazioni di cambiamenti di temperatura (calore e

raffreddamento) e dolore, principalmente sul lato opposto del corpo rispetto all'emisfero stimolato (Ostrowsky et al., 2000, 2002; Stephani et al., 2011). Questi risultati sono stati confermati da studi di *neuroimaging* che hanno mostrato l'attivazione della corteccia insulare in risposta a stimoli dolorosi e cambiamenti di temperatura negli esseri umani (Apkarian et al., 2005; Craig et al., 2000). È interessante notare che la stimolazione elettrica della corteccia insulare posteriore ha anche provocato sensazioni descritte come "solletico" (Ostrowsky et al., 2002; Penfield & Faulk, 1955). Queste risposte potrebbero essere attribuite alla vicinanza della corteccia insulare alla corteccia somatosensoriale secondaria (Penfield & Faulk, 1955) e alle connessioni reciproche tra l'insula posteriore e le aree somatosensoriali (Stephani et al., 2011).

Lo studio delle proiezioni degli afferenti CT è notoriamente complesso poiché gli stimoli eletti da queste fibre, come carezze lente, morbide e delicate, attivano anche gli afferenti A β , che attivano molteplici regioni del cervello, in particolare le cortecce somatosensoriali primarie e secondarie.

Come è possibile distinguere le proiezioni cerebrali dell'input CT e A β ?

Una risposta a questa domanda è emersa da uno studio condotto da Olausson e collaboratori (Olausson et al., 2002). Durante la sua ricerca presso l'Università di McGill, Olausson ha effettuato alcuni studi su un paziente (GL) affetto da neuropatia sensoriale, una rara patologia che provoca una dissociazione tra questi due sistemi tattili (CT e A β). I soggetti affetti da tale patologia non possiedono le fibre A β ma sono dotati di fibre-C (Serman et al., 1980). Di conseguenza, il paziente GL poteva percepire facilmente il dolore e i cambiamenti di temperatura, ma non il tatto (Olausson et al., 2002, 2008). Questo caso ha offerto un'opportunità unica per studiare selettivamente le correlazioni comportamentali e cerebrali degli afferenti CT, senza l'influenza dell'input delle fibre A β .

Olausson e colleghi hanno esaminato le risposte cerebrali di GL agli stimoli CT utilizzando la risonanza magnetica funzionale (*fMRI*). Durante la scansione, l'avambraccio sinistro di GL è stato delicatamente accarezzato con un pennello morbido. I primi risultati hanno dimostrato come tali soggetti fossero in grado di percepire la stimolazione tattile con un pennello morbido sull'avambraccio, dove gli afferenti CT sono abbondanti (Cole et al., 2006; Olausson et al., 2002), ma ciò non avveniva quando la

stimolazione veniva effettuata sulla pelle glabra della mano, dove gli afferenti CT sono assenti.

Successivamente, analizzando le risposte cerebrali di GL alla carezza nell'avambraccio, Olausson ha scoperto che le cortece somatosensoriali non venivano attivate. Al contrario, nei soggetti sani, gli stessi stimoli attivavano in modo significativo sia la corteccia somatosensoriale primaria che quella secondaria. Invece, è stata osservata un'ampia attivazione della corteccia insulare nel paziente GL. Sono state riscontrate attivazioni simili nella corteccia insulare nei soggetti sani, suggerendo che le risposte cerebrali del paziente agli stimoli CT non fossero specifiche della sua condizione di deafferentazione. Olausson ha in seguito replicato questi risultati su un secondo soggetto con la stessa patologia (IW), che è stato sottoposto ad accarezzamenti sull'avambraccio destro (Olausson et al., 2008). Anche in IW, si è osservata un'attivazione delle cortece insulari, ma non delle cortece somatosensoriali. L'assenza di attivazioni nelle cortece somatosensoriali primarie e secondarie suggerisce che l'elaborazione delle sensazioni tattili nella corteccia insulare posteriore avvenga in modo indipendente dagli input sensoriali A β .

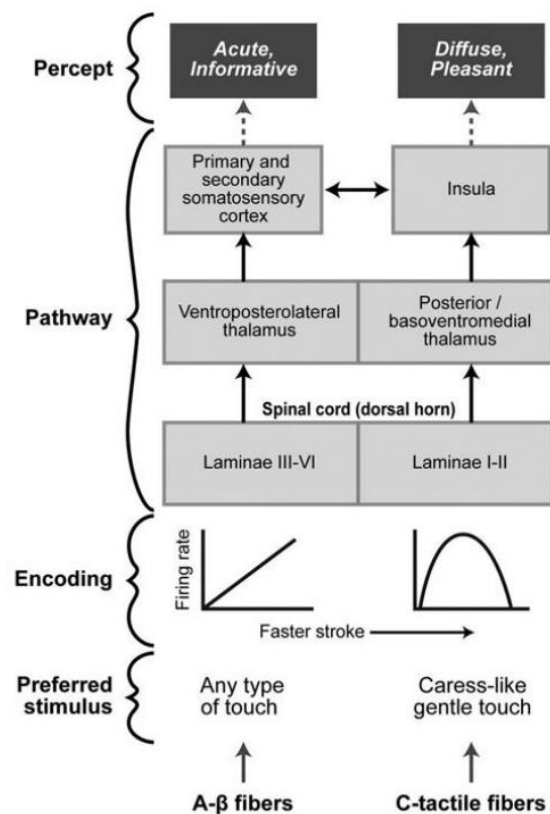


Fig.8. Schema che mostra il flusso di informazioni in due percorsi separati mediano il tocco discriminativo e la rilevazione di carezze diffuse e lente. Questa figura è adattata da I. Morrison, L. S. Löken e H. Olausson, "*The skin as a social organ*", *Experimental Brain Research* 204 (2010): 305-14.

La fig.6. mostra in modo chiaro come il sistema A β risponda a qualsiasi tipo di tocco in modo lineare, in quanto ad una stimolazione più intensa corrisponde un maggior numero di scariche elettriche. Le fibre A β risalgono nei livelli più profondi del corno dorsale spinale, chiamati laminae III-VI, e, dopo un rilascio sinaptico nel tronco cerebrale, attraversano la linea mediana e attivano una regione del talamo chiamata nucleo ventroposterolaterale. Questi neuroni talamici proiettano verso la corteccia somatosensoriale primaria (S1) e secondaria (S2).

Al contrario, il sistema C-tattile risponde in maniera ottimale a stimoli dinamici di bassa intensità e intermedia velocità, simili ad una carezza leggera e dolce. Le fibre C-tattili lente entrano in contatto con i neuroni nelle laminae più superficiali I e II del corno dorsale spinale e attraversano la linea mediana inviando i loro assoni lungo un percorso chiamato

tratto spino-talamico per attivare i neuroni in diverse regioni del talamo: i nuclei posteriori e basoventromediale, che a loro volta inviano i loro assoni all'insula posteriore.

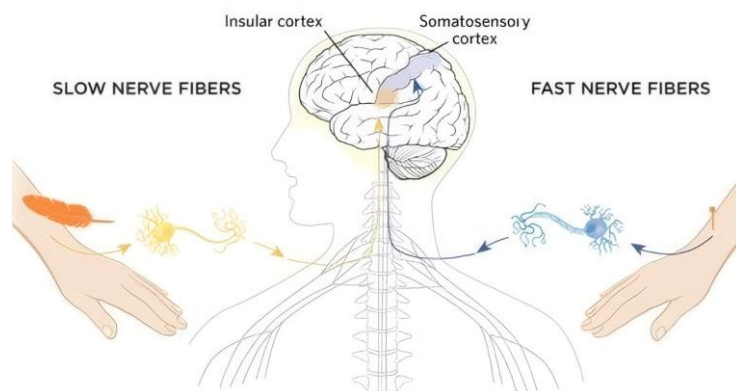


Fig.9. Rappresentazione delle aree cerebrali attivate dalle fibre A β e CT.

Nello specifico, si può affermare che il primo bersaglio corticale delle afferenze A β (tatto discriminativo) è la corteccia somatosensoriale primaria (S1) (aree verdi) (Fig.10) che codifica gli aspetti sensoriali delle informazioni tattili meccaniche con alta rapidità e precisione. Le afferenze CT (tocco affettivo) si proiettano all'insula posteriore (PI) (aree rosse) che supporta una precoce convergenza delle informazioni sensoriali e affettive per produrre una risposta emotiva ad una data esperienza sensoriale. La corteccia somatosensoriale secondaria (S2) (aree celesti) nell'opercolo parietale mostra probabilità di attivazione simili per entrambi i tipi di tatto, affettivo e discriminativo (Morrison, 2016). (Fig.7).

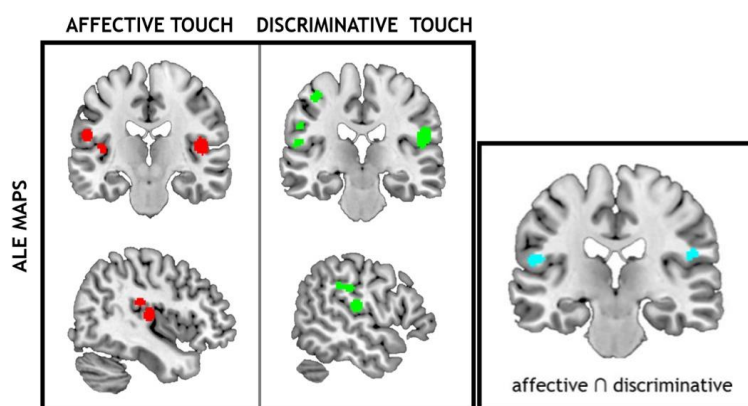


Fig. 10. Attivazione cerebrale del tatto discriminativo e del tatto affettivo

2.5. Neurochimica e meccanismi neurobiologici del tocco affettivo

I primi studi sugli effetti benefici del tocco affettivo sono stati condotti sui primati e hanno dimostrato che la loro forma di contatto primaria, la pulizia reciproca, o *allogrooming*, è utilizzata per formare legami sociali (Silk, 2002). Questo comportamento sembra avere una funzione sociale ed emotiva aggiuntiva rispetto all'igiene personale (Dunbar, 1993, 1997) stimolando la produzione di endorfine e di oppioidi naturali del corpo, che hanno effetti similmente narcotici. Secondo Keverne et al. (1989), che hanno investigato la base neurochimica *dell'allogrooming* nei primati, i cambiamenti nel sistema degli oppioidi del cervello erano correlati alla durata della pulizia: la frequenza di pulizia diminuisce in presenza di dosi non sedative di morfina e aumenta quando viene somministrato l'antagonista oppioide naltrexone, suggerendo che gli oppioidi endogeni del cervello svolgono una funzione di regolazione e di ricompensa nella socialità dei primati. Inoltre, la quantità di pulizia ricevuta e fornita può essere utilizzata per interpretare lo status sociale di un individuo (Henazi e Barrett, 1999), suggerendo che il tocco ha un ruolo complesso, oltre a quello puramente sensoriale, anche in contesti sociali.

Questi studi forniscono, ovviamente, dati puramente correlazionali e il ruolo delle endorfine nella regolazione dei processi psicologici sottostanti può essere solo ipotizzato. Tuttavia, il loro ruolo nel controllo del dolore e il loro rilascio in risposta allo stress fisico e psicologico di basso livello (Basbaum e Fields, 1984) suggeriscono che *l'allogrooming* sia una fonte di legami sociali, sostenendo l'idea che gli oppioidi del cervello siano implicati nella mediazione dell'attaccamento sociale. Il loro rilascio tramite comportamenti che preferenzialmente attivano le CT può fornire la base neurale su cui si è evoluto l'aspetto della socialità dei primati. Inoltre, è interessante notare che il tempo trascorso mettendo in atto comportamento aumenta in gruppi sociali più grandi, suggerendo che la pulizia reciproca abbia un ruolo essenziale nella promozione dell'attaccamento tra gli individui e nel mantenere il gruppo unito (Dunbar, 2010).

Anche negli esseri umani, il tocco affettivo sembra essere legato al rilascio di oppioidi. Un recente studio PET (*Positron Emission Tomography*) ha evidenziato che il tocco affettivo attiva il sistema degli oppioidi del cervello. Nel 2013, Tuominen et al. hanno condotto uno studio sul tocco affettivo, utilizzando un paradigma in cui i partecipanti venivano accarezzati dal proprio partner in modo delicato sulle parti esposte della pelle,

confrontato con una condizione di non-tocco. La ricerca ha rivelato che durante la condizione di tocco affettivo, ci sono stati maggiori legami dei recettori oppioidi nel corpo striato ventrale e nella corteccia cingolata anteriore, che sono aree chiave del circuito di ricompensa del cervello. Gli autori hanno concluso che il sistema degli oppioidi-m fornisce il meccanismo neurochimico per l'instaurazione, il mantenimento e il rinforzo dei legami sociali stretti tra gli esseri umani. È interessante notare che la legatura endogena degli oppioidi ai recettori-m è stata proposta come base del comportamento di attaccamento infantile.

2.6. Quando il tocco manca: gli effetti della deprivazione materna sulla regolazione emotiva

La cura materna svolge un ruolo fondamentale nello sviluppo dei bambini durante il periodo postnatale, fornendo loro cure, affetto e sostegno fisico, emotivo e sociale. John Bowlby, René Spitz e William Goldfarb sono stati i primi a descrivere l'importanza della cura materna negli anni '50 (Bowlby, 1951; Goldfarb, 1943; Spitz, 1945). Una adeguata quantità e una corretta qualità di cure materne potrebbe rappresentare una solida base per ridurre l'ansia e migliorare la resilienza allo stress a lungo l'arco della vita. Uno dei meccanismi coinvolti in questi processi è legato alla programmazione dei geni correlati allo stress che risulta particolarmente sensibile alle influenze ambientali e della prima infanzia (Alyamani & Murgatroyd, 2018). Studi di epigenetica mostrano che la mancanza di tocco, affetto e cure ha effetti importanti sull'espressione del DNA con conseguenti effetti sulle risposte neuroendocrine allo stress in età adulta (van Bodegom et al., 2017; Linnér & Almgren, 2020).

Il periodo neonatale rappresenta una fase sensibile della vita, durante la quale il cervello in via di sviluppo risulta particolarmente plastico e sensibile alla stimolazione esterna. Durante questo periodo, eventi stressanti possono alterare permanentemente la reattività dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene (HPA) e influenzare il funzionamento del cervello.

Durante il periodo perinatale, anche il cervello subisce importanti cambiamenti strutturali che includono neurogenesi, sinaptogenesi, mielinizzazione delle cellule nervose e morte cellulare programmata. Gli eventi stressanti durante questo periodo possono portare ad alterazioni neuroanatomiche, modificazioni nella fisiologia, nella funzione neuroendocrina e nel comportamento in età successiva (Maccari et al., 2014; Paris &

Frye, 2011). La separazione dalla madre effetti diversi sul neurosviluppo, a seconda del momento e della durata della separazione (Fabianova et al., 2018). Lo stress conseguente ad una prolungata separazione dalla madre può influire sullo sviluppo di diverse regioni cerebrali, tra cui il nucleo paraventricolare dell'ipotalamo, l'amigdala, l'ippocampo e il circuito di feedback negativo dell'asse HPA (van Bodegom et al., 2017; Brunton, 2015; Holsboer, 2000; Murgatroyd & Bradburn, 2016).

René Spitz ha svolto un ruolo pionieristico nello studio della prima infanzia, adottando approcci di ricerca sul campo e l'osservazione indiretta mediante filmati delle madri che accudivano i loro bambini. I suoi studi hanno portato alla conclusione che la relazione madre-bambino è essenzialmente influenzata dall'ambiente e dalle caratteristiche individuali: la madre, con la sua personalità già sviluppata, rappresenta lo stimolo cruciale per la crescita del bambino, il quale, al contrario, sta ancora formando la propria immagine di sé. Questa connessione si sviluppa principalmente attraverso interazioni affettive, soprattutto durante i primi tre mesi di vita.

“Raramente ci si rende conto della grande importanza della madre nei processi di apprendimento e di presa di coscienza del bambino. La tenerezza della madre permette di offrire al bambino una ricca gamma di esperienze vitali; il suo atteggiamento affettivo determina la qualità delle esperienze stesse. Ognuno di noi percepisce affettivamente e reagisce alle manifestazioni affettive. Questo vale ancor più per il bambino, il quale percepisce affettivamente in modo assai più pronunciato dell’adulto. Nei primi tre mesi le esperienze del bambino sono esclusivamente di ordine affettivo; il sensorio, la capacità di discriminazione, l’apparato percettivo non sono ancora sviluppati dal punto di vista psicologico e forse neppure dal punto di vista fisico. Quindi è l’atteggiamento affettivo della madre che serve di orientamento per il lattante. [...] (R. Spitz, Il primo anno di vita del bambino, Giunti-Barbera, Firenze, 1972, pagg. 29-31)

Negli anni 1945-46, Spitz ha condotto uno studio su due gruppi di bambini che si trovavano in istituzioni. Il primo gruppo era costituito da 220 bambini nati da madri detenute in un carcere femminile, ma che avevano accesso a un asilo nido all'interno della struttura, dove potevano prendersi cura dei propri bambini. Il secondo gruppo, invece, era composto da 91 bambini abbandonati e ricoverati in un orfanotrofio. Spitz ha osservato che in entrambi i casi i bambini ricevevano cure igieniche e alimentari adeguate. Tuttavia,

nel secondo gruppo, nonostante la presenza di operatori professionisti appositamente addestrati per la cura dei neonati, i bambini mostravano sintomi preoccupanti come mancanza di risposta agli stimoli esterni, mancanza di espressione facciale, spasmi muscolari, crisi di pianto e ritardi nello sviluppo cognitivo e motorio. Inoltre, questi bambini presentavano anche una marcata compromissione del sistema immunitario e il 37,3% di loro moriva entro il secondo anno di vita (Spitz, 1965).

Secondo Spitz, la spiegazione a questo fenomeno era una la mancanza dei legami affettivi: la cura materiale non è sufficiente per il corretto sviluppo del bambino; è altrettanto importante stabilire un forte legame affettivo col proprio *caregiver* (che sia la mamma o la persona che lo accudisce regolarmente). Quando il legame affettivo tra madre e bambino è assente o viene meno, il bambino sperimenta una condizione di abbandono priva delle cure affettive e relazionali di cui ha bisogno. Lo stress emotivo causato dalla mancanza di una figura di accudimento si può ripercuotere sullo sviluppo psicobiologico del bambino, dando luogo a disturbi psicologici e fisici. La privazione dell'affetto materno porta il bambino a diventare apatico e indifferente, perdere peso e ammalarsi facilmente perché il suo corpo non produce gli ormoni necessari alla crescita e al raggiungimento delle tappe evolutive tipiche della sua età (Spitz, 1965).

Nel corso degli anni gli studi sulla deprivazione materna sono proseguiti, ponendo particolare attenzione sulla deprivazione di contatto fisico. Lo studio di Suomi (2011) ha esaminato gli effetti dell'ambiente di crescita su macachi *Rhesus*, in particolare l'impatto della separazione precoce dalla madre biologica e l'esposizione a un ambiente di isolamento sociale. Per simulare la separazione precoce dalla madre, i cuccioli di scimmia *Rhesus* sono stati separati dalle loro madri biologiche e tenuti in un'area adiacente ma separata da uno schermo trasparente, in modo tale da poter vedere, sentire e annusare la madre ma non toccarla. Questa situazione ha comportato l'attivazione cronica dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene (HPA), con conseguente aumento dei livelli di stress fisiologico.

In seguito, i cuccioli sono stati sottoposti a un ambiente di isolamento sociale, senza contatto fisico con altri cuccioli o adulti. Successivamente sono stati introdotti in un ambiente sociale, dove hanno avuto la possibilità di interagire con i loro coetanei attraverso il contatto fisico.

I risultati hanno evidenziato che i cuccioli separati dalla madre biologica ed esposti a un ambiente di isolamento sociale hanno mostrato una maggiore attivazione dell'asse HPA e un comportamento sociale e emotivo compromesso rispetto ai cuccioli che sono stati lasciati con le loro madri biologiche o esposti a un ambiente sociale. Tuttavia, i cuccioli che hanno avuto la possibilità di interagire con i loro coetanei attraverso il contatto fisico hanno mostrato una riduzione significativa dello stress fisiologico e un comportamento sociale e emotivo migliorato.

Complessivamente, lo studio di Suomi (2011) suggerisce che la separazione precoce dalla madre biologica e l'esposizione all'isolamento sociale possono avere effetti negativi sulla regolazione emotiva e sul comportamento sociale dei primati non umani. Tuttavia, l'introduzione di relazioni di tocco tra pari può mitigare questi effetti negativi e permettere un normale sviluppo sociale ed emotivo.

Un altro studio condotto da Bystrova et al. (2009) ha esaminato gli effetti del contatto pelle-a-pelle tra madre e neonato subito dopo il parto su una serie di misure di stress fisiologico e comportamentale per il bambino e la madre. Il campione di studio era costituito da 176 coppie madre-bambino, che sono state assegnate casualmente a uno dei quattro gruppi di trattamento: nel primo gruppo, i neonati sono stati posizionati pelle a pelle con le loro madri subito dopo il parto; nel secondo gruppo, i neonati sono stati prima vestiti e posti tra le braccia delle loro madri dopo il parto; nel terzo gruppo, i neonati sono stati tenuti nella nursery sia dopo il parto che mentre le loro madri erano in reparto maternità; nel quarto gruppo, i neonati sono stati tenuti nella nursery dopo il parto.

Il team di ricerca ha misurato una serie di parametri fisiologici per il neonato, tra cui la temperatura corporea, la frequenza cardiaca, la saturazione di ossigeno nel sangue e la glicemia, sia prima che dopo il contatto pelle a pelle. Inoltre, è stata valutata la durata dell'allattamento al seno, il comportamento del bambino, il tempo di sonno e la durata del pianto. Le madri hanno completato anche un questionario per valutare il loro livello di stress percepito.

I risultati hanno mostrato che solo i neonati che hanno ricevuto il contatto pelle a pelle immediatamente dopo il parto hanno avuto una riduzione significativa dello stress fisiologico, come indicato da una maggiore stabilità della temperatura corporea, della frequenza cardiaca e della glicemia. Inoltre, i neonati del primo gruppo hanno avuto una

durata maggiore dell'allattamento al seno e un minor tempo di pianto, suggerendo una maggiore soddisfazione e tranquillità. Le madri che hanno avuto il contatto pelle a pelle col proprio bambino hanno mostrato una riduzione significativa dello stress percepito rispetto alle madri che hanno ricevuto solo la cura standard.

Lo studio di Bystrova et al. (2009) supporta l'ipotesi del periodo sensibile dopo il concepimento, durante il quale il contatto fisico ravvicinato con la madre ha un impatto positivo sullo sviluppo del bambino, fornendo benefici anche a lungo termine. Suggestisce, infatti, come il contatto pelle a pelle subito dopo il parto può avere effetti benefici sulla riduzione dello stress fisiologico per il neonato, migliorare l'allattamento al seno e il comportamento del bambino e migliorare la soddisfazione e il benessere delle madri.

In sintesi, si può affermare che la deprivazione materna e la conseguente mancanza di tocco affettivo possono avere una serie di conseguenze negative per lo sviluppo e la salute del bambino. Studi hanno dimostrato che i bambini privati della cura materna possono sviluppare problemi emotivi e comportamentali, come ansia, depressione, aggressività, problemi di attenzione e di relazione sociale (Bowlby, 1951; Gunnar & Donzella, 2002). Inoltre, la privazione materna può influire negativamente sullo sviluppo del sistema immunitario e sulla capacità del bambino di regolare il proprio stress (Hofer, 1994; van Oers et al., 1998). Più nello specifico, la mancanza di tocco affettivo può avere effetti negativi sullo sviluppo del bambino. Ad esempio, i bambini che ricevono poco contatto fisico possono sviluppare ritardi nello sviluppo cognitivo e motorio, nonché problemi di attaccamento e di regolazione emotiva (Field et al., 2002). Al contrario, il tocco affettivo regolare e la vicinanza fisica con un *caregiver* amorevole possono migliorare lo sviluppo cognitivo e motorio, ridurre il rischio di problemi emotivi e comportamentali e favorire lo sviluppo di un attaccamento sicuro (Bowlby, 1951; Field, 2010).

Capitolo 3: La nostra ricerca: L'impatto del tocco affettivo sulle capacità di autoregolazione infantile

3.1. Introduzione

Il periodo prescolare rappresenta una fase cruciale e delicata per lo sviluppo del bambino (Shonkoff & Phillips, 2000). Questa fascia d'età risulta fondamentale per lo sviluppo dei meccanismi di autoregolazione poiché ricca di conquiste evolutive come le capacità di controllare ed elaborare le proprie emozioni, comportamenti e funzioni corporee (Eisenberg, Valiente & Eggum, 2010). Durante questa fase, infatti, inizia l'acquisizione di fondamentali abilità di autoregolazione che influenzeranno il successivo benessere emotivo, la socializzazione e il successo nell'apprendimento nel corso della vita (Lezak, 1995; Mesulam, 2002).

Tali capacità di autoregolazione sembrano essere influenzate dall'attività del Sistema Nervoso Parasimpatico, che può essere misurata attraverso *l'Heart Rate Variability* (HRV), ovvero la variabilità della frequenza cardiaca. L'HRV rappresenta la variazione dei tempi tra i battiti cardiaci e riflette l'adattabilità del Sistema Nervoso Autonomo, in particolare l'attività del ramo parasimpatico. Un'HRV più elevata denota una maggiore flessibilità e capacità di adattamento del SN, che può riflettersi nella capacità di autoregolazione. Numerose ricerche passate hanno stabilito una connessione specifica tra l'HRV e le capacità di autoregolazione (Graziano, Keane & Calkins, 2007; Thayer & Lane, 2000; Appelhans & Luecken, 2006).

Tra i molteplici elementi che possono influenzare lo sviluppo di tali meccanismi di autoregolazione, in questo elaborato di Tesi verrà approfondito il ruolo del tocco affettivo. Il tocco affettivo è un tipo di contatto che coinvolge le fibre C-tattili e si caratterizza per essere lento e delicato, con un andamento di circa 3 cm/s, in grado di comunicare un senso di vicinanza e sicurezza fondamentale per lo sviluppo socio-emozionale (Morrison et al., 2010). Fin dalle prime fasi della vita, il tocco affettivo sembra favorire la capacità di autoregolazione fisiologica (Van Puyvelde et al., 2019) e di modulazione degli stati affettivi del bambino in situazioni stressanti (Feldman et al., 2010). La ricerca ha dimostrato come il tocco affettivo possa influenzare l'attività del Sistema Nervoso Autonomo (SNA), favorendo una prevalenza di coinvolgimento del sistema nervoso

parasimpatico, responsabile delle risposte di rilassamento e di equilibrio emotivo (Field, 2014).

Considerando i risultati delle ricerche già presenti in letteratura (Field et al., 2005; Stack, Muir & Sucharew, 2002; McGlone, Wessberg & Olausson, 2014; Feldman, Rosenthal & Eidelman, 2014), che hanno evidenziato il ruolo del tocco affettivo nella regolazione emotiva e nella promozione dei meccanismi di autoregolazione nei periodi neonatali e negli adulti, diventa particolarmente importante approfondire se e come il tocco affettivo possa svolgere un ruolo simile nella promozione dei meccanismi di autoregolazione in età prescolare.

3.2. Obiettivi e ipotesi di ricerca

Il presente studio si inserisce all'interno di un progetto più ampio che esamina lo sviluppo delle capacità di autoregolazione dalla prima infanzia fino all'età adulta, con una particolare attenzione al ruolo del tocco affettivo nel promuovere tali meccanismi in risposta ad uno stimolo di distress emotivo, come il pianto di un bambino. Diversi studi mostrano come l'udire il pianto di un bambino provochi in chi ascolta delle reazioni di disagio sia a livello facciale sia a livello fisiologico (Dondi et al., 1999); Martin & Clark, 1982; Sagi & Hoffman, 1976; Simner, 1971). È noto come nei lattanti esposti al pianto di un altro neonato si inneschi una reazione di pianto accompagnata da manifestazioni osservabili come cambiamenti *nell'arousal* fisiologico (ad esempio variazioni della frequenza cardiaca). La letteratura conferma che anche nei bambini di età superiore e negli adulti suoni simili al pianto possono provocare reazioni emotive di disagio e *distress* (Field et al., 2007; Simner, 1971).

Ci aspettiamo, dunque, che la condizione di pianto proposta nel nostro studio risulti uno stimolo attivante dal punto di vista comportamentale e fisiologico e che il tocco affettivo possa essere, in questo contesto, un importante modulatore specifico in tale condizione di attivazione fisiologica.

Inoltre, ipotizziamo che ci possano essere delle differenze individuali legate ai tratti temperamentali di ciascun bambino. In particolare, ci aspettiamo una relazione tra i punteggi del *Children's Behavior Questionnaire-Very Short Form* (questionario sul temperamento per bambini da 3 a 7 anni) somministrato ai genitori dei partecipanti, la

reattività allo stimolo del pianto e la modulazione del tocco affettivo (Rothbart & Gartstein, 2000).

Nella letteratura scientifica sono diverse le evidenze che supportano l'idea di una connessione tra i tratti temperamentali dei bambini e l'HRV. Uno studio condotto da Graziano e Derefinko (2013) ha esplorato questa relazione in un campione di bambini in età prescolare, osservando come i bambini con punteggi più alti in dimensioni come l'impulsività e l'irritabilità presentavano una minore HRV. Questo suggerisce che un temperamento caratterizzato da maggiore impulsività e irritabilità potrebbe essere associato a una minore flessibilità nella regolazione del sistema cardiaco. Inoltre, uno studio condotto da Sulik, Blair e Mills-Koonce (2015) ha esaminato la relazione tra i tratti temperamentali e la variabilità cardiaca in un campione di bambini in età scolare. I risultati hanno evidenziato che i bambini con punteggi più elevati sulla dimensione dell'autoregolazione presentavano una maggiore variabilità cardiaca di base, indicando una migliore regolazione emotiva.

Supponiamo, quindi, che i punteggi ottenuti sulla scala di affettività negativa mostrino una correlazione negativa con l'HRV di base. Questa ipotesi si basa sul modello di interazione neuroviscerale (Thayer et al., 2009; Thayer et al. 2000), che suggerisce un ritiro del tono vagale in presenza di affettività negativa. In altre parole, si prevede che livelli più elevati di affettività negativa siano associati a una riduzione dell'HRV di base, indicando una minore attività del sistema nervoso parasimpatico. Inoltre, ci aspettiamo che i punteggi ottenuti nelle scale dell'*effortful control* e sulla surgency mostrino una correlazione positiva con l'HRV di base, suggerendo che una maggiore capacità di controllo dell'impegno e una maggiore spontaneità siano associate a un'HRV di base più elevata.

Questi studi suggeriscono che i tratti temperamentali possono avere effetti sulla variabilità cardiaca di base nei bambini prescolari, indicando un legame tra la regolazione emotiva e la fisiologia cardiaca. Tuttavia, è importante sottolineare che la ricerca in questo campo è in continua evoluzione e ulteriori studi sono necessari per approfondire la comprensione di questa relazione.

3.3. Materiali e metodi

3.3.1. Partecipanti

I partecipanti della ricerca sono stati reclutati tramite i responsabili di scuole del territorio, nello specifico la “*Scuola dell’Infanzia Carlo Liviero*” di Albignasego (PD) e la “*Scuola dell’infanzia Savardo*” di Masanzago (PD) convenzionate con il Dipartimento di Psicologia dello Sviluppo e della Socializzazione (DPSS), e tramite il database “*Babylab*” dell’Università degli Studi di Padova. Ai genitori sono stati illustrati gli obiettivi della ricerca, chiedendone eventuale interesse e disponibilità alla partecipazione. In caso affermativo, è stato firmato il Consenso Informato. Il Comitato Etico Locale per la Ricerca Psicologica (Università degli Studi di Padova) ha approvato il protocollo dello studio n.4970.

	Gruppo 1	Gruppo 2
Femmine	18	20
Maschi	17	14

Tab.1. Partecipanti allo studio

Lo studio è composto da un totale di 75 bambini in età prescolare tra i 3 e i 6 anni. Sei partecipanti sono stati esclusi dalle analisi dei dati poiché le misure fisiologiche presentavano degli artefatti o sono incorsi dei problemi tecnici in fase di registrazione del segnale. Il campione finale dei partecipanti comprende 69 bambini, con età media di 4.9 con un minimo di 3.1 e un massimo di 6.5 anni, di cui 38 femmine e 31 maschi (Tab 1). Tutti i bambini sono stati casualmente assegnati ad una delle due condizioni sperimentali, che differivano tra loro per la tipologia di stimolazione tattile ricevuta: il gruppo 1 (n=35) ha ricevuto un tocco affettivo (stimolazione con le setole del pennello), il gruppo 2 (n=34) ha ricevuto un tocco non affettivo (stimolazione ritmica con il lato opposto alle setole del pennello).

3.3.2. Strumenti

Registrazione psicofisiologica

Viene proposto un paradigma di studio che prevede la registrazione delle risposte comportamentali e fisiologiche in due condizioni: una condizione neutra e una condizione di attivazione emotiva negativa. La stimolazione emotigena consiste in una scena di pianto adattata all'età prescolare con un cartone animato, mentre la condizione neutra prevede la scena di un cartone animato. La stimolazione tattile viene manipolata come variabile tra i partecipanti e può essere un tocco affettivo (gruppo 1) o un tocco non affettivo (gruppo 2).

Verrà analizzato, nello specifico, il valore RMSSD (*Radical Mean Square of Successive Differences*), ovvero un indice di variabilità della frequenza cardiaca utilizzato per valutare l'attività del SNA. Il RMSSD calcola la radice quadrata della media dei quadrati delle differenze tra i tempi tra battiti cardiaci consecutivi. In altre parole, RMSSD indica la variazione tra i battiti cardiaci consecutivi e riflette l'equilibrio tra il sistema nervoso simpatico (attivazione) e il sistema nervoso parasimpatico (rilassamento).

Per valutare la modulazione della variabilità cardiaca, durante il presente studio è stato registrato l'elettrocardiogramma (ECG), cioè il segnale che rileva l'attività elettrica del cuore. La registrazione del battito cardiaco avviene attraverso l'applicazione di tre elettrodi pediatrici sul torace del partecipante. Tali elettrodi di superficie vengono posizionati secondo la seconda derivazione del *Triangolo di Einthoven*: il sensore di terra (nero) verrà posizionato sotto la clavicola sinistra, il sensore con polo negativo (giallo) sotto la clavicola destra e il sensore con polo positivo (blu) sotto il quinto spazio intercostale destro (Fig 1.1).



Fig.11. Raffigurazione del posizionamento degli elettrodi di un ECG in un infante

La metodologia proposta non è invasiva e consente di registrare l'attività cardiaca di base, l'attivazione fisiologica durante la situazione emotiva e il successivo ritorno a uno stato di rilassamento, potenzialmente influenzato dalla stimolazione tattile.

L'ECG è stato acquisito utilizzando un sistema di monitoraggio fisiologico multimodale che codifica segnali biologici in tempo reale. Questo sistema, chiamato “*ProComp Infiniti*” e sviluppato da *Thought Technology di Montreal*, è un sistema di registrazione computerizzato approvato dalla FDA (*Food and Drug Administration*) statunitense. I dati estratti da tale *software* sono stati processati tramite il software “*Kubios*”, specializzato per l'analisi e l'interpretazione dei segnali biologici, in particolare i segnali elettrocardiografici (ECG) e i segnali di variabilità della frequenza cardiaca (HRV).

Children's Behavior Questionnaire–Very Short Form (CBQ-VSF)

Ai genitori dei partecipanti è stato chiesto di compilare un questionario che valuta i tratti temperamentali del proprio figlio/a (*Children's Behavior Questionnaire (CBQ-Very Short Form)*): Questo questionario è stato sviluppato per i bambini di età compresa tra 3 e 7 anni ed è composto da tre sottoscale da 12 item ciascuna che riflettono tre dimensioni del temperamento: il controllo volontario (*effortful control* - EC), l'affettività negativa (*negative affect* - NA) e vivacità/estroversione (*surgency/extraversion* - S/E).

Ogni item contiene un'affermazione su un particolare comportamento del bambino (per esempio, "*Mio figlio si arrabbia quando non ottiene ciò che vuole*"), e i genitori o i tutori sono chiamati a rispondere su una scala Likert a 7 punti, che varia da "*estremamente non vero*" a "*estremamente vero*". Questo punteggio indica quanto spesso il comportamento descritto si verifica nel bambino. È presente, inoltre, l'opzione “NA” ovvero “*non applicabile*”.

<i>Item Effortful control</i>	3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36
<i>Item Surgency</i>	1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31, 34
<i>Item negative affect</i>	2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29, 32, 35

L'effortful control (EC) si riferisce a una componente del temperamento che riguarda la capacità di regolare e controllare i propri pensieri, emozioni e comportamenti in modo intenzionale e cosciente. L'EC coinvolge l'uso di processi cognitivi superiori per modulare l'attenzione, l'inibizione comportamentale e l'autoregolazione emotiva al fine di adattarsi agli obiettivi e alle richieste dell'ambiente. La *surgency* è una dimensione del temperamento che si riferisce al livello di attività, energia e socievolezza manifestato da una persona. La *negative affect* si riferisce a una componente del temperamento e dell'esperienza emotiva che riguarda la tendenza di una persona a sperimentare emozioni negative come tristezza, paura, rabbia, colpa o disagio (Putnam, Gartstein, & Rothbart, 2006).

3.3.3. Stimoli e procedura

Lo studio è stato svolto presso i laboratori neonatali dell'Università degli Studi di Padova e nelle scuole d'infanzia che hanno aderito al progetto.

La struttura di base dello studio consiste in due blocchi di stimolazione (composti da 4 sessioni ciascuno). Durante tutta la durata della prova viene registrato l'ECG. La durata complessiva della prova è di circa 16 minuti. Ogni blocco inizia con una registrazione di 2 minuti in condizione di riposo che servirà da baseline, seguita da 2 minuti di stimolazione acustica e visiva, 2 minuti di stimolazione tattile e 2 minuti finali di riposo per valutare il ritorno alla condizione di base.

I due blocchi si differenziano per il contenuto multimediale del blocco di stimolazione: nel primo blocco viene presentato uno stimolo privo di contenuti affettivi (neutro), mentre nel secondo blocco viene presentato uno stimolo emotivo negativo (pianto) volto a elicitare una risposta di reattività emotiva. Per mantenere una continuità tra gli stimoli audiovisivi principali (neutro/pianto) e suggerire una pausa nella trama del cartone animato, le scene sono state appositamente realizzate con un uso ripetitivo della stessa scena. Lo stimolo neutro consiste, infatti, in una scena di 2 minuti in cui i due personaggi nuotano, mentre lo stimolo emotivo negativo consiste in una scena di due minuti monotoni e ridondanti di pianto della protagonista.

La scena emotiva negativa prosegue, nei minuti successivi, con una risoluzione della scena al fine di dare una spiegazione dello scenario del pianto ai bambini.

La stimolazione tattile viene manipolata come variabile tra i partecipanti e può essere un tocco affettivo o un tocco non affettivo. La stimolazione è effettuata attraverso l'utilizzo di un pennello soffice sull'avambraccio posteriore del partecipante da uno sperimentatore addestrato per fornire la stimolazione con una velocità e una pressione costante. Il braccio di stimolazione (destro vs sinistro) è stato controbilanciato tra partecipanti.

Blocco 1: stimolo neutro



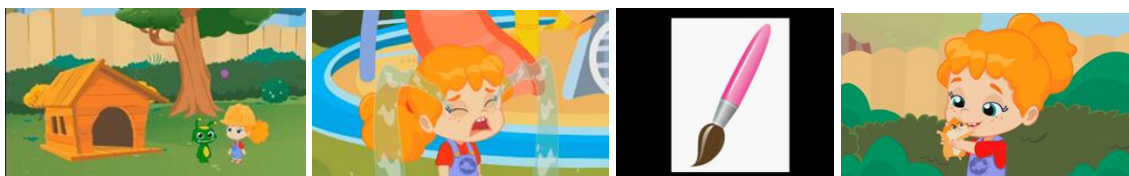
Baseline 1

Cond. Neutra

Tocco

Recovery 1

Blocco 2: stimolo emotivo negativo - pianto

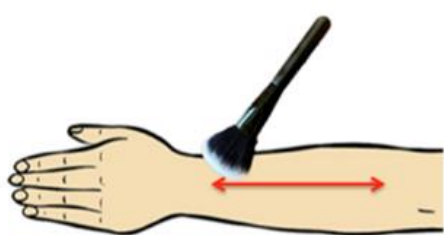


Baseline 2

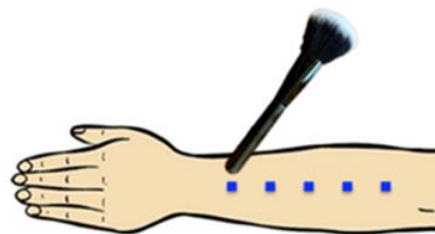
Cond. pianto

Tocco

Recovery 2



AFFECTIVE TOUCH (stroking with brush bristles)



NON AFFECTIVE TOUCH (tapping with the brush handle)

Tocco affettivo –gruppo 1:

Consiste nell'accarezzamento nell'avambraccio posteriore con le setole morbide del pennello, ad una velocità di circa 3 cm/s per 2 minuti

Tocco non affettivo –gruppo 2:

Consiste nel battito ritmico sull'area selezionata della pelle (5 punti, distanziati di 2 cm circa) per 2 minuti

La scelta dell'avambraccio posteriore come zona per la stimolazione tattile è stata fatta per due motivi principali. Il motivo principale della scelta è il fatto che l'avambraccio risulta ricco di fibre C-tattili. Infatti, è noto come tali fibre siano abbondanti in particolar modo nella pelle pelosa e non in quella glabra (Olausson et al., 2002). Inoltre, l'avambraccio costituisce una parte del corpo facilmente accessibile senza la necessità di togliere indumenti. Un periodo di almeno 2 minuti consente di osservare eventuali cambiamenti nella percezione o nell'effetto della stimolazione nel corso del tempo. Infine, studi precedenti (Munoz et al., 2015) hanno dimostrato una registrazione di 2 minuti è sufficiente per ottenere misurazioni accurate di HRV.

3.4. Registrazione ed elaborazione dei dati elettrofisiologici

L'ECG è stato acquisito utilizzando un sistema di monitoraggio fisiologico multimodale che codifica segnali biologici in tempo reale. Il segnale ECG è stato continuamente registrato tramite un convertitore analogico-digitale a 12 bit con una frequenza di campionamento di 256 Hz. I dati sono stati successivamente memorizzati in modo sequenziale per consentire l'analisi.

Prima di procedere all'analisi, è stato effettuato un controllo visivo del segnale ECG al fine di individuare eventuali artefatti. Nel caso in cui essi fossero stati rilevati, sono stati corretti utilizzando un metodo di interpolazione a spline cubiche a tratti che permette di generare valori corretti o mancanti nella serie di intervalli di battito cardiaco (IBI). Successivamente, è stata calcolata la variabilità della frequenza cardiaca per ogni periodo sperimentale utilizzando l'indice RMSSD (*Radical Mean Square of Successive Differences*). Tale valore rappresenta un indice di variabilità della frequenza cardiaca e viene calcolato tramite la misurazione delle differenze temporali tra i battiti cardiache consecutive, espresse in millisecondi, che vengono elevate al quadrato. I risultati ottenuti vengono quindi mediati e infine calcolata la radice quadrata del valore totale (McCraty et al., 2015).

L'indice RMSSD rappresenta una misura della varianza battito dopo battito nella frequenza cardiaca (HRV a breve termine) ed è una misura temporale fondamentale per valutare l'influenza del sistema nervoso vagale sulla variabilità della frequenza cardiaca (HRV) (Shaffer & Ginsberg, 2017). L'HRV fornisce informazioni sul funzionamento del sistema nervoso autonomo, in particolare del sistema nervoso parasimpatico, che è

mediato dal nervo vago. Il sistema nervoso parasimpatico ha un effetto calmante e rilassante sul corpo, e la sua influenza sulla variabilità della frequenza cardiaca può essere valutata tramite l'indice RMSSD.

Per ciascuna finestra temporale di 2 minuti, è stato calcolato l'indice RMSSD, rappresentante la variabilità battito dopo battito durante quel periodo specifico.

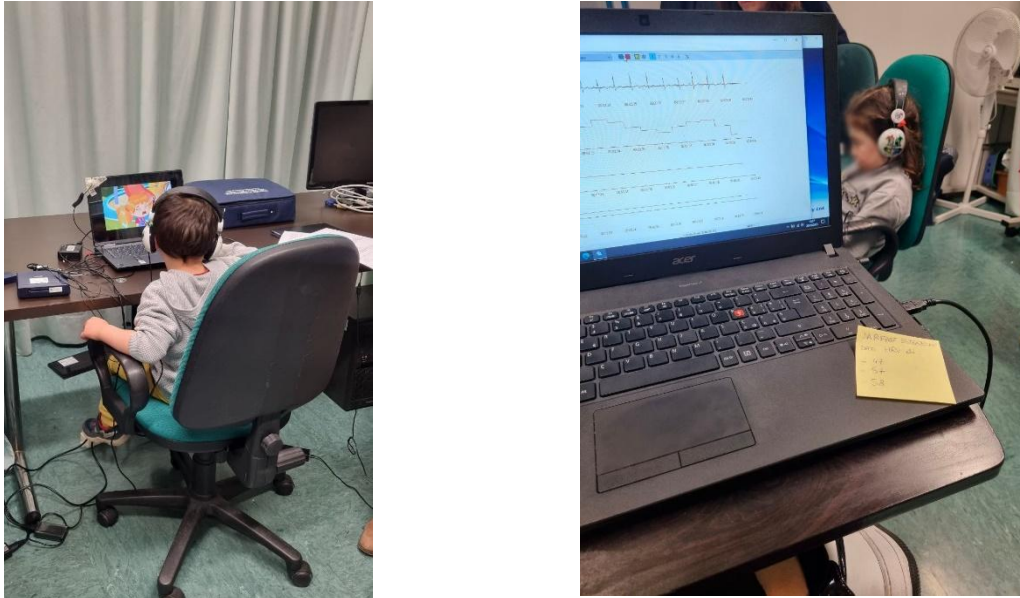


Fig.13. Immagini reali di alcuni partecipanti durante la registrazione fisiologica

3.5. Analisi dei dati

Tutte le analisi statistiche sono state condotte utilizzando R, un *software* per il calcolo statistico e la creazione di grafici (*R Core Team*). Abbiamo adottato un approccio di confronto tra modelli (*model comparison*). Per ciascuna variabile dipendente sono stati specificati una serie di modelli gerarchici che di volta in volta aggiungono un predittore di interesse. L'evidenza statistica dei modelli è stata valutata utilizzando il criterio informativo *Akaike information criterion* (AIC) al fine di individuare il modello che meglio predice i dati osservati.

3.6. Risultati

Misure fisiologiche: RMSSD

Per valutare la modulazione della variabilità cardiaca, abbiamo considerato 8 modelli ad effetti misti. In ciascun modello, il punteggio di RMSSD era la variabile dipendente.

- Modello 0 (modello nullo): specifica l'ipotesi di assenza di differenza dovuta alle variabili indipendenti e tiene conto solo della variabilità individuale
- Modello 1: specifica l'ipotesi di una modulazione del RMSSD nel corso del tempo (effetto delle finestre temporali di interesse) (4 livelli: baseline, stimolazione audiovisiva, tocco, recovery)
- Modello 2: specifica l'ipotesi di un effetto additivo della condizione di tempo e dell'effetto del blocco (2 livelli: blocco neutro vs blocco di attivazione affettiva - pianto)
- Modello 3: specifica l'ipotesi di un effetto di interazione a due vie tra la condizione di tempo e la condizione emotigena
- Modello 4: specifica l'ipotesi di un effetto di interazione a due vie tra la condizione di tempo e condizione emotigena, con un effetto additivo del tipo di stimolazione tattile ricevuta (affettiva - gruppo 1 vs non-affettiva - gruppo 2)
- Modello 5: specifica l'ipotesi di un effetto di interazione tra la condizione di tempo, condizione emotigena e tipo di tocco
- Modello 6: specifica l'ipotesi di un effetto di interazione tra la condizione di tempo, la condizione emotigena e il tocco affettivo, con un effetto additivo dell'età (variabile contata in mesi)
- Modello 7: specifica l'ipotesi di un effetto di interazione tra la condizione di tempo, la condizione emotigena, il tocco affettivo e l'età
- Modello 8: specifica l'ipotesi di un effetto di interazione tra la condizione di tempo, la condizione emotigena, il tocco affettivo e l'età con un effetto additivo del genere (2 livelli: maschio o femmina).

Ogni modello è stato confrontato attraverso il criterio di informazione di Akaike (AIC; Akaike, 1992) L'indice AIC (*Akaike's Information Criterion*), è una misura utilizzata per selezionare il modello statistico migliore tra un insieme di modelli alternativi. L'indice AIC tiene conto della qualità del modello e della sua complessità, cercando di trovare il giusto equilibrio tra la bontà di adattamento del modello ai dati e la sua capacità di generalizzazione a nuovi dati (Hastie, Tibshirani & Friedman, 2009).

In particolare, abbiamo selezionato il modello che produce il valore di AIC più basso (Hooper et al., 2008). Secondo il test del rapporto di verosimiglianza, il modello che si adattava meglio era il Modello 2 (AIC= 4465.5, $\chi^2= 5.251$, $p=0.021$), il quale specifica un'ipotesi di un effetto additivo della condizione tempo e della condizione emotiva neutra ed emotiva negativa.

Tested Models	Variables
Model 0	
Model1	Time
Model 2	Time + Condition
Model 3	Time * Condition
Model 4	Time * Condition + Group
Model 5	Time * Condition * Group
Model 6	Time * Condition * Group + Age
Model 7	Time * Condition * Group * Age
Model 8	Time * Condition * Group * Age + Sex

Tab.2. Modelli misti testati

	DF	AIC	BIC	logLik	deviance	Chisq	Chi Df	Pr(>Chisq)
m0	3	4484.3	4497.3	-2239.2	4478.3			
m1	6	4468.7	4494.6	-2228.4	4456.7	21.6206	3	7.823e-05***
m2	7	4465.5	4495.7	-2225.7	4451.5	5.2514	1	0.02193*
m3	10	4466.5	4509.6	-2223.2	4446.5	4.9627	3	0.17455
m4	11	4468.5	4515.9	-2223.2	4446.5	0.0076	1	0.93040
m5	18	4471.2	4548.9	-2217.6	4435.2	11.2858	7	0.12663
m6	19	4472.9	4554.9	-2217.5	4434.9	0.2862	1	0.59269
m7	34	4496.0	4642.7	-2214.0	4428.0	6.8902	15	0.96063
m8	35	4496.4	4647.4	-2213.2	4424.4	1.6021	1	0.20561

Tab.3. Valori statistici dei modelli testati

È emerso l'effetto principale del tempo e della condizione con i seguenti valori:

	Estimate	Std. Error	df	T value	Pr(> t)
Intercept	47.5069	3.4139	78.7647	13.916	<2e-16 ***
Video	-2.7064	1.2886	479.002	2.100	0.0362 *
Tocco	3.3213	1.2886	479.002	2.577	0.0103 *
Recupero	0.6883	1.2886	479.002	0.534	0.5935
Pianto	-2.0850	0.9112	479.002	-2.228	0.0226 *

Tab.4. Summary del Modello 2

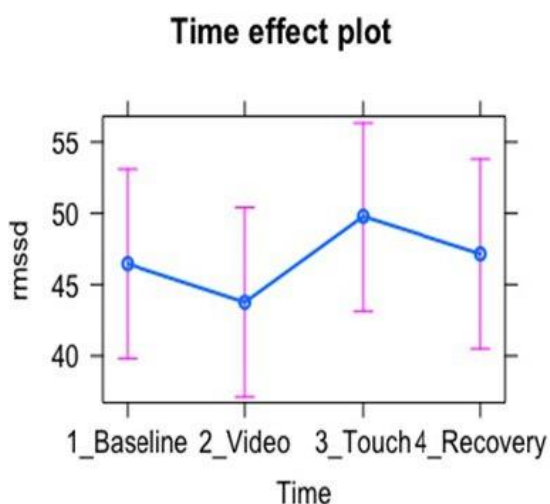


Fig.14. Grafico dell'andamento dell'RMSSD nel tempo. La media (punti blu) e gli errori standard (linee rosa) sono mostrati per ciascuna finestra temporale (baseline, video, tocco e recovery).

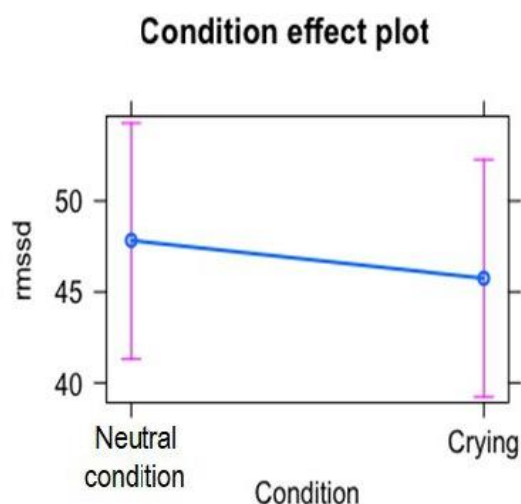


Fig.15. Grafico dell'andamento dell'RMSSD in funzione della condizione

Il modello di regressione lineare preso in considerazione ha evidenziato un effetto principale del fattore tempo ($B_{RMSSD}=-2.706$, $SE_{RMSSD}=1.289$, $t(479.002)=2.1$, $p<.05$) che mostra una diminuzione dell'RMSSD durante la stimolazione audiovisiva e un aumento dell'RMSSD durante il tocco.

Inoltre, è stato osservato un altro effetto principale dovuto alla condizione ($B_{RMSSD} = -2.085$, $SE_{RMSSD} = 0.912$, $t(479.002) = -2.228$, $p < .05$).

I risultati evidenziano, infatti, un effetto significativo del tocco nella modulazione dell'RMSSD ($B_{RMSSD} = 3.321$, $SE_{RMSSD} = 1.289$, $t(479.002) = 2.577$, $p < .05$) indipendentemente dal tipo di stimolazione tattile ricevuta (gruppo 1: tocco affettivo (AT); gruppo 2: tocco non affettivo (nAT)). Non sono state osservate differenze significative nella modulazione dell'RMSSD tra il tocco affettivo e non affettivo in entrambi i blocchi. Questo risultato indica che in entrambi sono stati riscontrati dei risultati simili in termini di modulazione dell'attività del sistema nervoso parasimpatico.

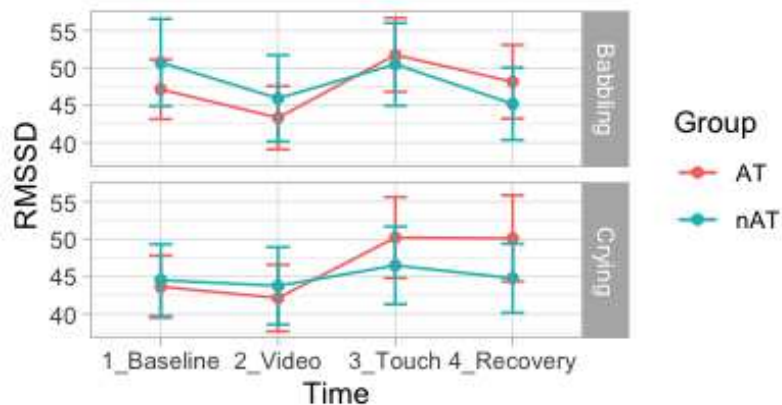


Fig.15. RMSSD nelle dimensioni di Tocco AT e tocco nAT

Children's Behavior Questionnaire–Very Short Form

	HRV baseline	Estroversione	Affettività negativa	Controllo faticoso
HRV baseline	1.00	0.14	- 0.36	- 0.29
Estroversione	0.14	1.00	1.00	- 0.04
Affettività negativa	- 0.36	0.07	0.07	0.15
Controllo faticoso (EC)	- 0.29	- 0.04	- 0.4	1.00

Tab.4. Correlazioni HRV e valori misurati dal CBQ-VSF

Per valutare possibili differenze individuali legate ai tratti temperamentali, sono state fatte delle analisi correlazionali tra le 3 scale del CBQ-VSF con l'HRV di base. Dalle analisi emerge una correlazione negativa tra variabilità cardiaca e l'affettività negativa ($=-0.36$). In linea con precedenti studi (Beauchaine, Gatzke-Kopp & Mead, 2007; Porges, 2007; Eisenberg, Spinrad & Eggum, 2010), i bambini con un HRV più alto mostravano punteggi più bassi di affettività negativa mentre bambini con punteggi più alti di affettività negativa sono quelli con un HRV più basso. Dall'analisi correlazionale effettuata emerge anche una correlazione negativa tra la scala *effortful control* e l'HRV di base; sembra invece non esserci correlazione tra la scala *surgency* e l'HRV di base.

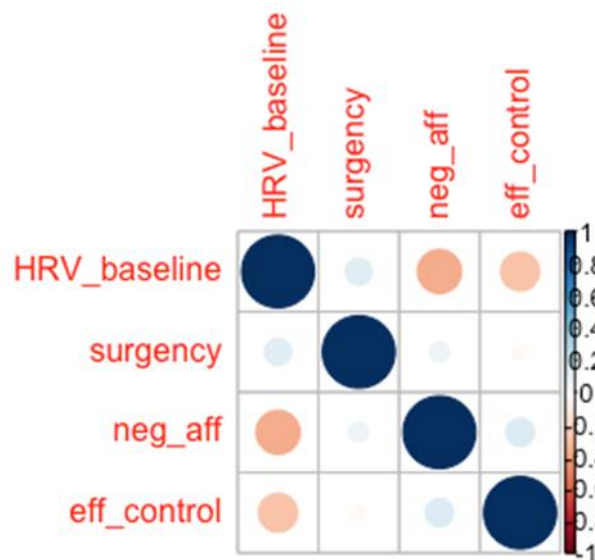


Fig. 16. Correlazioni tra dimensioni del CBQ-VSF e HRV

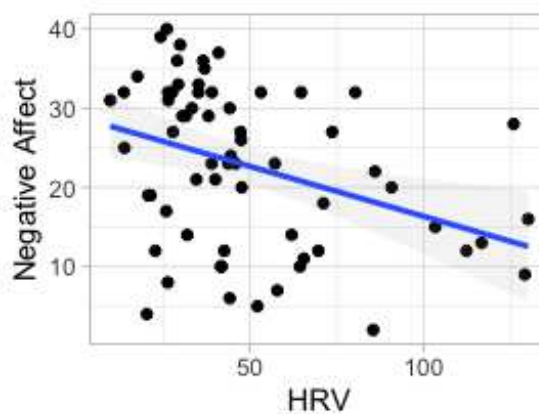


Fig. 17. Correlazione negativa tra AF del CBQ-VSF e HRV

Capitolo 4: Discussione e conclusioni

4.1. Discussione dei risultati

Nel presente studio, ci siamo concentrati sulla capacità autoregolatoria dei bambini prescolari in risposta a uno stimolo emotivamente significativo (il pianto), e alla successiva stimolazione tattile affettiva. Abbiamo esaminato il coinvolgimento delle risposte del sistema nervoso parasimpatico, in particolare del tono vagale, nella capacità di autoregolazione e modulazione *dell'arousal*, valutando la regolazione della variabilità del battito cardiaco (HRV).

Nell'analisi dei dati è emerso un effetto significativo delle finestre temporali. In particolare, si può osservare una diminuzione della variabilità cardiaca durante la visione dei video rispetto alla baseline e un aumento della variabilità cardiaca durante il tocco rispetto alla baseline. La fase di recupero non si differenzia da quella di baseline rispetto all'HRV. Tale effetto è indipendente dal tipo di video (neutro vs pianto) e dal tipo di stimolazione tattile (affettiva vs non affettiva).

Diversamente da quanto atteso, quindi, durante entrambi gli stimoli video è stata registrata una diminuzione della RMSSD rispetto alla baseline. Una possibile spiegazione per questo risultato potrebbe essere attribuita alla tipologia dei video piuttosto che al loro contenuto. Si ritiene che tali video possano essere stati vissuti come ripetitivi e ridondanti, e questa ripetizione potrebbe aver generato nel bambino uno stato di attesa e attivazione. Questo stato di attesa potrebbe aver portato a una diminuzione dell'attività del nervo vago, il principale componente del sistema nervoso parasimpatico che promuove il rilassamento e il riposo del corpo. Pertanto, il ritiro del tono vagale, rappresentato dalla diminuzione della HRV, potrebbe essere spiegato dalla situazione di attesa generata dai video animati. Tuttavia, ulteriori ricerche sono necessarie per comprendere meglio questa specifica diminuzione della RMSSD nella situazione considerata.

Per quanto riguarda la condizione di tocco, i risultati evidenziano un effetto principale del tocco nella modulazione dell'RMSSD. Tuttavia, sembra che questo effetto non sia modulato dal tipo di stimolazione tattile ricevuta (gruppo 1: tocco affettivo (AT); gruppo 2: tocco non affettivo (nAT)).

Contrariamente alle ipotesi iniziali, i nostri dati non supportano l'idea di una differenza significativa nell'attivazione del sistema parasimpatico durante la stimolazione tattile affettiva: sia il tocco affettivo che quello non affettivo hanno prodotto risultati simili in termini di attivazione del sistema parasimpatico. Tuttavia, è importante sottolineare che non si è osservata una rilevante attivazione fisiologica durante lo stimolo del pianto. Pertanto, se avessimo riscontrato una condizione di distress più intensa, ci si sarebbe potuto aspettare un maggiore e specifico impatto della modulazione del tocco affettivo rispetto a una simulazione tattile non affettiva.

Il risultato inatteso dall'effetto principale del tocco in ambedue le stimolazioni tattili porta alla valutazione di diversi fattori. In primo luogo, si può pensare che la presenza e l'interazione tattile con lo sperimentatore possa aver avuto un impatto positivo sulla regolazione del sistema nervoso autonomo e abbia portato, indipendentemente dalla tipologia di tocco, ad una sensazione di rilassamento.

Potrebbe aver influenzato i risultati anche la posizione temporale della condizione emotigena del pianto: sarebbe interessante poter comprendere se ci possano essere differenze significative proponendo lo stimolo emotigeno del pianto al primo blocco invece che al secondo. Ulteriori ricerche con campioni più ampi e una varietà di manipolazioni dello stimolo emotigeno e del tocco potrebbero essere utili per approfondire questo argomento e spiegare meglio tali risultati.

Un limite significativo di questa prima parte della ricerca riguarda sicuramente la mancanza di una marcata attivazione fisiologica durante il pianto dei bambini presi in considerazione. Questa carenza di una risposta fisiologica evidente rappresenta una sfida importante nell'analisi degli effetti del tocco affettivo e compromette la valutazione del ritorno a uno stato di equilibrio emotivo. Un suggerimento potrebbe essere trovare delle condizioni che possano generare uno stato di distress maggiore nel bambino al fine di comprendere meglio il ruolo del tocco affettivo nella successiva fase di ripresa. Lo stimolo del pianto presente nel nostro studio, sotto forma di cartone animato, è stato appositamente adattato all'età dei bambini partecipanti al fine di evitare che diventasse eccessivamente stressante e violasse principi etici. Nel futuro, potrebbe essere presa in considerazione l'opzione di introdurre uno stimolo più stressante, valutando attentamente le norme etiche correlate a tale scelta.

Negli ultimi anni, gli studiosi hanno manifestato un crescente interesse per l'indagine delle relazioni tra le differenze individuali nel temperamento dei bambini e altre variabili socio-emotive di rilievo, quali l'empatia, l'attaccamento, la coscienza e i problemi di adattamento sociale (Guthrie et al., 1997; Kochanska, 1997; Lengua, Wolchik, Sandler e West, 2000). In questo contesto, il *Children's Behavior Questionnaire–Very Short Form* si configura come uno strumento significativo e in grado di offrire indicazioni predittive. La seconda parte del nostro studio si propone di indagare la relazione tra la variabilità del battito cardiaco (HRV) e le dimensioni del CBQ-VSF nel temperamento dei bambini. Le dimensioni esaminate includono *l'effortful control*, la *surgency* e la *negative affect*.

I risultati del nostro studio indicano una correlazione negativa significativa sia tra l'HRV e l'affettività negativa nei bambini prescolari. Questo significa che una minore variabilità dei battiti cardiaci è associata a un livello più elevato di affettività negativa.

Diverse teorie e studi possono contribuire a spiegare questo risultato. Ad esempio, secondo la Teoria Polivagale di Porges (2007), l'HRV riflette l'equilibrio tra il sistema nervoso simpatico (coinvolto nelle risposte di lotta o fuga) e il sistema nervoso parasimpatico (coinvolto nel rilassamento e nel ripristino). Una maggiore variabilità dei battiti cardiaci è considerata un indicatore di un sistema nervoso autonomo flessibile e adattivo, in grado di regolare efficacemente le risposte emotive. In questo contesto, l'affettività negativa potrebbe essere associata a una minore HRV a causa di una disfunzione nella regolazione delle emozioni negative. Ad esempio, uno studio condotto da Calkins e Dedmon (2000) ha dimostrato che i bambini con una minore HRV presentano maggiori difficoltà nella regolazione delle emozioni negative, mostrando comportamenti come l'irascibilità e la difficoltà di recupero da situazioni stressanti.

Un altro aspetto da considerare è il legame tra l'affettività negativa e i comportamenti esternalizzanti. L'affettività negativa è spesso associata a comportamenti problematici e difficoltà sociali. I bambini con un'elevata negatività emotiva possono manifestare irritabilità, aggressività o reazioni eccessive alle situazioni stressanti, che possono influenzare negativamente le loro relazioni sociali e la loro regolazione emotiva. Questi comportamenti esternalizzanti possono influire sulla modulazione del sistema nervoso autonomo, inclusa l'HRV (Eisenberg et al., 2010; Zhou et al., 2009).

In sintesi, i nostri risultati suggeriscono che l'HRV è correlata negativamente all'affettività negativa nei bambini prescolari. Questo implica che una minore variabilità dei battiti cardiaci può essere associata a un'incapacità di regolare le emozioni negative, il che potrebbe influenzare negativamente il benessere emotivo e le competenze sociali dei bambini. Questo risultato è in linea con le teorie della regolazione emotiva, gli studi precedenti che hanno esaminato questa relazione e la possibile base neurobiologica sottostante.

Tuttavia, è importante notare che la correlazione tra l'HRV e l'affettività negativa può essere influenzata da vari fattori, come il contesto sociale, i fattori genetici e l'età dei bambini. È importante sottolineare, infatti, che questa correlazione non implica necessariamente una relazione di causa-effetto, ma indica una relazione statistica tra le variabili misurate. Ulteriori studi sono necessari per comprendere meglio la natura di questa relazione e per indagare eventuali fattori di confondimento o variabili mediatrici che possono influenzare i risultati.

Da questo studio emerge un, inoltre, un risultato inatteso: si osserva una correlazione negativa tra HRV e il controllo volontario dell'attenzione. Solitamente, infatti, si ritiene che un maggiore controllo volontario sia associato a una migliore salute fisica e mentale, compresa una maggiore HRV. Sarebbe interessante approfondire questa correlazione negativa in studi futuri al fine di comprenderne meglio le implicazioni.

4.2. Conclusioni

In conclusione, lo studio condotto sulla capacità autoregolatoria dei bambini prescolari in risposta allo stimolo emotivamente significativo del pianto e alla successiva stimolazione tattile affettiva ha fornito importanti risultati e considerazioni.

I risultati dell'analisi dei dati hanno mostrato un effetto significativo delle finestre temporali sull'HRV. Durante la visione dei video, è stata osservata una diminuzione della RMSSD rispetto alla baseline, mentre durante il tocco si è registrato un aumento di quest'ultima sempre in confronto alla baseline. La fase di recupero non ha mostrato differenze significative rispetto alla baseline in termini di HRV. Questi effetti sono indipendenti dalla tipologia di video (neutro vs pianto) e dal tipo di stimolazione tattile (affettiva vs non affettiva).

Contrariamente alle aspettative, sia durante la visione del video neutro che del video di pianto si è osservata una diminuzione della RMSSD rispetto alla baseline. Una possibile spiegazione potrebbe essere attribuita alla ripetitività e ridondanza dei video, che potrebbero aver generato uno stato di attesa e attivazione nei bambini. Questo stato di attesa potrebbe aver portato a una diminuzione dell'attività del nervo vago, principale componente del sistema nervoso parasimpatico responsabile del rilassamento e del riposo del corpo. Pertanto, la diminuzione della HRV potrebbe essere spiegata dalla situazione di attesa generata dai video animati. Ulteriori ricerche sono necessarie per comprendere meglio questa specifica diminuzione della HRV nella situazione considerata.

Per quanto riguarda la condizione di tocco, abbiamo osservato un effetto principale con un aumento della RMSSD. Contrariamente alle ipotesi iniziali, tale effetto si è presentato indipendentemente dal tipo di stimolazione ricevuta, sia affettiva che non affettiva, denotando come sia il tocco affettivo che quello non affettivo hanno prodotto risultati simili in termini di attivazione del sistema parasimpatico.

Questi risultati inattesi sollevano diverse considerazioni. La presenza e l'interazione tattile con lo sperimentatore potrebbero avere un impatto positivo sulla regolazione del sistema nervoso autonomo, portando anche nella condizione di tocco non affettivo ad una condizione di rilassamento. Inoltre, la posizione temporale della condizione emotigena del pianto nei due blocchi potrebbe aver influito nei risultati. Ulteriori ricerche con

ulteriori manipolazioni dello stimolo emotigeno e del tocco potrebbero contribuire a risultati più significativi.

Per quanto concerne il questionario somministrato ai genitori dei partecipanti (CBQ-VSF), i risultati ottenuti indicano che c'è una correlazione negativa tra l'HRV e l'affettività negativa nei bambini prescolari. Questo suggerisce che una minore variabilità dei battiti cardiaci potrebbe essere associata a una difficoltà nel regolare le emozioni negative, con possibili conseguenze negative sul benessere emotivo e sulle competenze sociali dei bambini. Questo risultato è coerente con le teorie della regolazione emotiva, gli studi precedenti che hanno esaminato questa relazione e le basi neurobiologiche che la supportano. Tuttavia, è importante considerare che la correlazione tra l'HRV e l'affettività negativa può essere influenzata da diversi fattori, tra cui il contesto sociale, i fattori genetici e l'età dei bambini.

Complessivamente, lo studio ha contribuito a evidenziare l'importanza del tocco e del contesto nell'influenzare le risposte fisiologiche dei bambini prescolari e ha fornito spunti per future indagini nel campo dello sviluppo infantile e della regolazione emotiva.

4.3. Ringraziamenti

Mi sembra ieri il giorno che scrissi i ringraziamenti per la triennale e invece, dopo tante peripezie e cugurre sventate, sono qua a scriverne dei nuovi. Nuovi perché tante cose sono cambiate in questi due anni, anche io lo sono, ma ora voglio ringraziare voi.

Inizio con chi mi ha permesso di poter essere qua oggi, mamma e papà. Grazie perché siete sempre in prima fila ad ogni mio traguardo o ad ogni fallimento, ad ogni caduta, ad ogni sorriso. Grazie perché se non fosse per voi non avrei iniziato e completato questo percorso. Grazie per ogni chiamata, per ogni consiglio, per ogni dritta su come lavare i capi in lavatrice. Grazie perché avete sempre creduto, nelle mie potenzialità e mi avete fatto diventare la donna che sono. Spero di potervi rendere sempre fieri di me e ciò che diventerò.

Grazie alle mie due colonne portanti: Franca e Franci. In questi anni la distanza si è creata, ma solo fisicamente. Grazie per non avermi mai fatto sentire sola anche con i chilometri tra di noi e per ogni Hugo versato, a berne altri mille insieme.

Grazie a Luce, grisbi n.1 (medaglia d'oro di "BRAVA J"). Grazie perché l'asse Milano-Padova l'abbiamo vissuta come Stampace-Su Planu senza troppi problemi. Grazie per ogni pianto, urlo e risata fatta insieme. Grazie per tutti i complimenti che mi fai sempre e che fanno accrescere il mio ego, per avermi fatto innamorare dei Bao e grazie per essere un'amica così follemente speciale.

Grazie a Mapi, il migliore dall'asilo. Gli anni passano e noi cresciamo, cambiamo, maturiamo, ma mai per un momento ho pensato che il nostro rapporto potesse mutare. Grazie perché sei una costante e so che ovunque saremo nel mondo, tu sarai al mio fianco a sostenermi e io al tuo per fare lo stesso.

Grazie a Pippi, al nostro rapporto quasi epistolare e più unico che raro: anche se ci vediamo una volta all'anno so che posso sempre contare su di te.

Grazie a Sara, ponte di mezzo tra la mia vecchia e nuova vita. Grazie per ogni pizza con i nostri gusti preferiti, per ogni film scelto in tre ore, per ogni chiamata skype a distanza di qualche via di distanza. Ma grazie soprattutto per avermi aiutato a trovare un po' di casa anche in un'altra regione (tra un tarzan e l'altro),

Grazie a Claudia perché maracaibo quando ci sei tu ha un altro sapore. Grazie perché insieme siamo un grandissimo connubio di risate, crastuli e idee. Grazie per essere sempre lo spritzughen delle nostre giornate insieme. Grazie a Nicola, papi della nostra famiglia, per tutte le coccole, le pizze fatte insieme e i gommoni guidati.

Passando dall'altra parte, un grazie immenso va a tutte le persone che questa esperienza mi ha regalato. In primo luogo, voglio ringraziare chi ha passato con me gran parte dei miei giorni e delle mie notti: Mariella, Arianna e Martina. Grazie perché la nostra è stata più che una convivenza, è stato come trovare una casa lontana dalla mia e non smetterò mai di sottolineare quanto siamo state fortunate. Grazie perché non siete state coinquiline ma siete diventate compagne di vita, amiche, confidenti, spalle su cui piangere e con cui passare le migliori serate che ho vissuto in questi due anni. Mi accodo a ciò per ringraziare le bimbe di eleonora aggiuntive: Irene, Jessica e Alice. Grazie perché siete state un cocktail di buonumore, perché la vostra risata mi ha messo allegria anche i giorni in cui non avevo voglia di sorridere. Grazie per ogni discorso deep nel divanone di Ele tutte insieme, per ogni gita e per essere cresciute con me in questi due anni.

Grazie a Serena, Allegra, Camilla, Aurora e Martina: ancora rido quando penso a come ci siamo conosciute. In questi mesi ho avuto il piacere di conoscervi meglio e vorrei ringraziarvi per avermi permesso di diventare qualcosa di più di una semplice collega con cui ripetere e studiare: siete diventate parte della mia vita e della mia quotidianità e spero lo sarete ovunque ci porti il nostro futuro. Io tifo per voi bimbe.

Grazie a Lara, meno male che ci siamo scontrate quel giorno di ottobre del 2021. Grazie perché sei una persona meravigliosa e sei stata un enorme punto di riferimento per me. Ti ringrazio per ogni ricetta spacciata, per ogni mail corretta, per ogni posto nuovo che mi hai fatto scoprire, per ogni conversazione importante di fronte a quel famoso spritz misto che mi hai fatto ordinare il primo giorno che ci sedemmo al bareto insieme. Grazie perché la mamma di solito sono io ma tu lo sei stata tanto per me in questi anni. E a questo proposito grazie anche a Pinni, altro genitore acquisito: grazie per avermi fatto rivalutare il tofu, per tutte le cene, per le canzoni con la chitarra e i grafici in R mai sistemati.

Grazie di cuore a tutti voi, che fate parte della mia vita e la rendete migliore.

Il grazie più grande di tutti va a chi non è qua con noi a festeggiare ma so che è con me oggi: a Nonna Salva. Grazie perché ti sento vicina e so che sei al mio fianco in ogni momento, perché mi proteggi anche quando non me lo merito

Tu sei sempre lì, nella tasca a destra in alto.

Questo traguardo è per Te.

Bibliografia:

Ackerley, R., Olausson, H., Morris, I., & McGlone, F. (2013). Touch in the developing infant: An integrative review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 37(8), 1435-1455.

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. *The Journal of Neuroscience*, 34(8), 2879-2883.

Akaike, H. (1992). Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle. In S. Kotz & N. L. Johnson (A c. Di), *Breakthroughs in Statistics: Foundations and Basic Theory* (pagg. 610–624).

Alyamani, R.A. & Murgatroyd, C. (2018). Epigenetic Mechanisms in Development and Psychopathology. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 1065, 95-111

Ansari, D., & Karmiloff-Smith, A. (2002). Atypical trajectories of number development: A neuroconstructivist perspective. *Trends in Cognitive Sciences*, 6, 511-516.

Apkarian, A. V., Bushnell, M. C., Treede, R. D., & Zubieta, J. K. (2005). Human brain mechanisms of pain perception and regulation in health and disease. *European Journal of Pain*, 9(4), 463-484.

Appelhans, B. M., & Luecken, L. J. (2006). Heart rate variability as an index of regulated emotional responding. *Review of General Psychology*, 10(3), 229-240.

Arabin, B., Halbesma, J. R., Vork, F., & Hüseman, D. (1996). Doppler studies of the fetal and uteroplacental circulation in the early recognition of high-risk pregnancies. *Obstetrics & Gynecology*, 88(3), 335-341.

Augustine, J. R. (1985). Circuitry and functional aspects of the insular lobe in primates including humans. *Brain Research Reviews*, 8(3), 291-322.

Auvray M., Myin E., Spence C. (2008). The sensory-discriminative and affective-motivational processing of pain. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 32(4), 742-774.

- Backer-Grøndahl, A., Nærde, A., Lulleberg, P., & Janson, H. (2015). Measuring Effortful Control Using the Children's Behavior Questionnaire-Very Short Form: Modeling Matters. [Journal of Personalità Assessment], 0(0), 1–10.
- Bandura, A., 1991. Social cognitive theory of self-regulation. *Organ. Behav. Hum. Decis. Process.* 50, 248–287
- Bartocci, M., Winberg, J., Ruggiero, C., Bergqvist, L. L., & Serra, G. (2006). "Bridging the social gap": An oxytocin study on bonding. *Psychoneuroendocrinology*, 31(7), 965-974.
- Basbaum, A. I., & Fields, H. L. (1984). Endogenous pain control systems: brainstem spinal pathways and endorphin circuitry. *Annual review of neuroscience*, 7(1), 309-338.
- Baumeister, R. F., & Heatherton, T. F. (1996). Self-regulation failure: An overview. *Psychological inquiry*, 7(1), 1-15.
- Bautista, D. M., & Lumpkin, E. A. (2011). Perspectives on: Information and coding in mammalian sensory physiology: Probing mammalian touch transduction. *Journal of General Physiology*, 138(3), 291-301.
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2007). *Neuroscience: exploring the brain* (3rd ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2016). *Neuroscience: Exploring the brain*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Beauchaine, T.P., Gatzke-Kopp, L., & Mead, H.K. (2007). Polyvagal theory and developmental psychopathology: Emotion dysregulation and conduct problems from preschool to adolescence. *Biological Psychology*, 74(2), 174-184.
- Beaver, K. M., Wright, J. P., & DeLisi, M. (2007). Self-control as an executive function reformulating Gottfredson and Hirschi's parental socialization thesis. *Criminal Justice Behavior*, 34, 1345–1361.
- Beebe, B., & Lachmann, F. M. (1994). Rappresentazione e interiorizzazione nella prima infanzia: I tre principi di salienza. In *Infant research e trattamento degli adulti* (pp. 133-172). Tr. It. Milano: Raffaello Cortina.

- Beebe, B., & Lachmann, F. M. (2002b). *Infant research e trattamento degli adulti*. Tr. It. Milano: Raffaello Cortina.
- Berger, A., Kofman, O., Livneh, U. & Henik, A. (2007). Multidisciplinary perspective on attention and the development of self-regulation. *Progress in Neurobiology* 82 (5), 256-
- Berntson, G. G., Bigger, J. T. J., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., Nagaraja, H. N., Porges, S. W., Saul, J. P., Stone, P. H., et al. (1997). Heart rate variability: Origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34(6), 623-648.
- Berntson, G. G., Cacioppo, J. T., & Quigley, K. S. (1997). Autonomic determinism: The modes of autonomic control, the doctrine of autonomic space, and the laws of autonomic constraint. *Psychological Review*, 114(2), 291-313.
- Berntson, G. G., Lozano, D. L., & Chen, Y.-J. (2005). Filter properties of root mean square successive difference (RMSSD) for heart rate. *Psychophysiology*, 42(2), 246-252.
- Berntson, G.G., Bigger, J.T., Eckberg, D.L., Grossman, P., Kaufmann, P.G., Malik, M., et al., 1997. Heart rate variability: Origins, methods and interpretive caveats. *Psychophysiology* 34, 623–648
- Bessou, P., Burgess, P. R., Perl, E. R., & Taylor, C. B. (1971). Dynamic properties of type II cutaneous mechanoreceptors in hairy skin of the cat. *J Neurophysiol*, 34, 712–725.
- Blair, C., & Raver, C. C. (2015). School readiness and self-regulation: A developmental psychobiological approach. *Annual review of psychology*, 66, 711-731.
- Boes, A.D., Bechara, A., Tranel, D., Anderson, S.W., Richman, L., Nopoulos, P., 2008. Right ventromedial prefrontal cortex: a neuroanatomical correlate of impulse control in boys. *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 4, 1–9
- Bonasio, R., Tu, S., & Reinberg, D. (2010). Molecular signals of epigenetic states. *Science*, 330(6004), 612-616.
- Bowlby, J. (1951). *Maternal care and mental health*. Geneva: World Health Organization.
- Bowlby, J. (1969). *Attachment and loss: Vol. 1. Attachment*. Basic Books.
- Bowlby, J. (1969). *Attachment and loss: Vol. 1. Attachment*. New York: Basic Books.

- Bridgett, D.J., Burt, N.M., Edwards, E.S., Deater-Deckard, K., 2015. Intergenerational transmission of self-regulation: a multidisciplinary review and integrative conceptual framework. *Psychol. Bull.* 141, 602–654
- Brosschot, J. F., Verkuil, B., & Thayer, J. F. (2010). Conscious and unconscious perseverative cognition: Is a large part of prolonged physiological activity due to unconscious stress? *Journal of Psychosomatic Research*, 69(4), 407-416.
- Brown AG, Iggo A. (1967). A quantitative study of cutaneous receptors and afferents in the cat and rabbit. *J Physiol*, 193, 707–733.
- Brunton, P. (2015). Programming the brain and behavior by early life stress: A focus on neuroactive steroids. *Journal of Neuroendocrinology*, 27(6), 468–480
- Buhle, J.T., Silvers, J.A., Wager, T.D., Lopez, R., Onyemekwu, C., Kober, H., Weber, J., Ochsner, K.N., 2014. Cognitive reappraisal of emotion: a meta-analysis of human neuroimaging studies. *Cereb. Cortex* 24, 2981–2990
- Buzsáki, G., & Watson, B. O. (2012). Brain rhythms and neural syntax: implications for efficient coding of cognitive content and neuropsychiatric disease. *Dialogues in clinical neuroscience*, 14(4), 345-367.
- Bystrova, K. (2009). Novel mechanism of human fetal growth regulation: A potential role of lanugo, vernix caseosa and a second tactile system of unmyelinated low-threshold C-afferents. *Medical Hypotheses*, 72(2), 143-146.
- Bystrova, K., Ivanova, V., Edhborg, M., Matthiesen, A. S., Ransjö-Arvidson, A. B., Mukhamedrakhimov, R., ... & Widström, A. M. (2009). Early contact versus separation: Effects on mother–infant interaction one year later. *Birth*, 36(2), 97-109.
- Calkins, S. D., & Dedmon, S. E. (2000). Physiological and behavioral regulation in two-year-old children with aggressive/destructive behavior problems. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 28(2), 103-118.
- Cascio, C. J., Moore, D., & McGlone, F. (2019). Social touch and human development. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 35, 5–11.

Čater M, Majdič G. How early maternal deprivation changes the brain and behavior?. *Eur J Neurosci.* 2021; 00:1–18

Cecil, C. A. M., Zhang, Y., & Nolte, T. (2020). Childhood maltreatment and DNA methylation: a systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 112, 392-409.

Champagne, F. A., & Meaney, M. J. (2007). Transgenerational effects of social environment on variations in maternal care and behavioral response to novelty. *Behavioral neuroscience*, 121(6), 1353-1363.

Che, A., Babij, R., Iannone, A. F., Fetcho, R. N., Ferrer, M., Liston, C., ... & García, N. V. D. M. (2018). Layer I interneurons sharpen sensory maps during neonatal development.

Chiera, M., Cerritelli, F., Casini, A., Barsotti, N., Boschiero, D., Cavigioli, F., Corti, C. G., & Manzotti, A. (2020). Heart Rate Variability in the Perinatal Period: A Critical and Conceptual Review. *Frontiers in Neuroscience*, 14, 561186.

Cirulli, F., Alleva, E., Antonelli, A., & Aloe, L. (2000). NGF expression in the developing rat brain: Effects of maternal separation. *Developmental Brain Research*, 123, 129–134.

Cirulli, F., Berry, A., & Alleva, E. (2003). Early disruption of the mother-infant relationship: Effects on brain plasticity and implications for psychopathology. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 27(1–2), 73–82

Cole, M. W., Yarkoni, T., Repovs, G., Anticevic, A., & Braver, T. S. (2006). Global connectivity of prefrontal cortex predicts cognitive control and intelligence. *Journal of Neuroscience*, 26(28), 9027-9034.

Cole, P.M., Martin, S.E., Dennis, T.A., (2004). Emotion regulation as a scientific construct: methodological challenges and directions for child development research. *Child Dev.* 75, 317–333

Collette, F., Van der Linden, M., Laureys, S., Delfiore, G., Degueldre, C., Luxen, A., Salmon, E., (2005). Exploring the unity and diversity of the neural substrates of executive functioning. *Hum. Brain Mapp.* 25, 409–423

- Copper, R. L., & Goldenberg, R. L. (1990). Catecholamine secretion in fetal adaptation to stress. *Journal of Obstetric, Gynecologic, and Neonatal Nursing: JOGNN*, 19(3), 223–226.
- Craig, A. D. (2008). Interoception and emotion: a neuroanatomical perspective. In *Handbook of emotions* (pp. 272-288). Guilford Press.
- Craig, A. D. (2009). How do you feel--now? The anterior insula and human awareness. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(1), 59-70.
- Craig, A. D. (2011). Significance of the insula for the evolution of human awareness of feelings from the body. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1225(1), 72-82.
- Cushing, B. S., & Kramer, K. M. (2005). Mechanisms underlying epigenetic effects of early social experience: the role of neuropeptides and steroids. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 29(7), 1089-1105.
- Dalley, J.W., Cardinal, R.N., Robbins, T.W., 2004. Prefrontal executive and cognitive functions in rodents: neural and neurochemical substrates. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 28, 771–784
- Davies, A. M. (1994). The role of neurotrophins in the developing nervous system. *Journal of Neurobiology*, 25, 1334–134
- DeCasper, A. J., & Fifer, W. P. (1980). Of human bonding: Newborns prefer their mothers' voices. *Science*, 208, 1174-1176.
- Della Longa, L., Carnevali, L., Patron, E., Dragovic, D. & Farroni, T. (2020). Psychophysiological and visual behavioural responses to faces associated with affective and non-affective touch in four-month-old infants. *Neuroscience*.
- Della Longa, L., Dragovic, D. & Farroni, T. (2021). In touch with the heartbeat: newborns' cardiac sensitivity to affective and non-affective touch. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2212.
- Della Longa, L., Gliga, T., & Farroni, T. (2019). Tune to touch: affective touch enhances learning of face identity in 4-month-old infants. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 35, 42-46.

- Denham, S. A., Bassett, H. H., & Wyatt, T. M. (2014). The socialization of emotional competence. *Handbook of socialization*, second edition, 4, 208-241.
- Derryberry, D., & Rothbart, M. K. (1984). Emotion, attention, and temperament. In K. R. Scherer & P. Ekman (Eds.), *Approaches to Emotion* (pp. 132-166). New York-Melbourne: Cambridge University Press.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135-168.
- Dondi, M., Simion, F., & Caltran, G. (1999). Can newborns discriminate between their own cry and the cry of another newborn infant? *Developmental Psychology*, 35(2), 418-426.
- Duckworth, A. L., & Seligman, M. E. (2005). Self-discipline outdoes IQ in predicting academic performance of adolescents. *Psychological Science*, 16(12), 939-944.
- Dunbar, R. I. (2010). The social role of touch in humans and primates: Behavioural function and neurobiological mechanisms. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(2), 260-268.
- Dunbar, R. I. M. (1993). Coevolution of neocortical size, group size and language in humans. *Behavioral and Brain Sciences*, 16(4), 681-694.
- Dunbar, R. I. M. (1997). *Grooming, Gossip, and the Evolution of Language*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Edin, B. B. (2001). Quantitative analysis of dynamic cutaneous mechanoreceptor afferent activity in humans. *Progress in neurobiology*, 63(2), 231-272.
- Eisenberg, N., Cumberland, A., Spinrad, T. L., Fabes, R. A., Shepard, S. A., Reiser, M., ... Guthrie, I. K. (2001). The relations of regulation and emotionality to children's externalizing and internalizing problem behavior. *Child Development*, 72, 1112-1134.
- Eisenberg, N., Spinrad, T. L., & Eggum, N. D. (2010). Emotion-related selfregulation and its relation to children's maladjustment. *Annual Review of Clinical Psychology*, 6, 495-525.
- Eisenberg, N., Valiente, C., & Eggum, N. D. (2010). Self-regulation and school readiness. *Early Education and Development*, 21(5), 681-698.

- Eisenberg, N., Valiente, C., Spinrad, T. L., Cumberland, A., Liew, J., Reiser, M., ... & Losoya, S. H. (2010). Longitudinal relations of children's effortful control, impulsivity, and negative emotionality to their externalizing, internalizing, and co-occurring behavior problems. *Developmental Psychology*, 46(2), 566-580.
- Essick, G. K., James, A., & McGlone, F. P. (1999). Psychophysical assessment of the affective components of non-painful touch. *Neuroreport*, 10, 2083-2087.
- Fabianova, K., Zavodska, M., Raček, A., Angelidis, A., Martončíkova, M., & Račekova, E. (2018). Analysis of Fos expression in the rat olfactory neurogenic region following single exposure to maternal separation during different neonatal stages. *General Physiology and Biophysics*, 37(3), 275–283.
- Fairhurst, M. T., Löken, L. S., & Grossmann, T. (2014). Physiological and behavioral responses reveal 9-month-old infants' sensitivity to pleasant touch. *Psychological Science*, 25(5), 1124-1131.
- 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.
- 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. (2012). Parent-Infant Synchrony and the Construction of Shared Timing; Biringen, Z., Robinson, J. L., & Emde, R. N. (2000). *Emotional Availability Scales-Manual*. 4th ed.; Schore, A. N. (2003). *Affect regulation and the repair of the self*.
- Feldman, R., Rosenthal, Z., & Eidelman, A. I. (2014). Maternal-preterm skin-to-skin contact enhances child physiologic organization and cognitive control across the first 10 years of life. *Biological Psychiatry*, 75(1), 56-64.
- Ferber, S. G., & Makhoul, I. R. (2004). The effect of skin-to-skin contact (kangaroo care) shortly after birth on the neurobehavioral responses of the term newborn: a randomized, controlled trial. *Pediatrics*, 113(4), 858–865.

- Field, T., Hernandez-Reif, M., Diego, M., Schanberg, S., & Kuhn, C. (2005). Cortisol decreases and serotonin and dopamine increase following massage therapy. *International Journal of Neuroscience*, 115(10), 1397-1413.
- Field, A. (2010). *Discovering statistics using SPSS* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Field, T., Diego, M., & Hernandez-Reif, M. (2002). Prenatal depression effects on the fetus and newborn: a review. *Infant Behavior and Development*, 25(3), 201-209.
- Field, T., Diego, M., & Hernandez-Reif, M. (2016). Preterm infant massage therapy research: A review. *Infant Behavior and Development*, 44, 171-184.
- Field, T., Diego, M., Hernandez-Reif, M., & Fernandez, M. (2007). Depressed mothers' newborns show less discrimination of other newborns' cry sounds. *Infant Behavior and Development*, 30(3), 431-435
- Filippetti, M. L., Lloyd-Fox, S., Longo, M. R., Farroni, T., & Johnson, M. H. (2015). Neural mechanisms of body awareness in infants. *Cerebral Cortex*, 25(10), 3779-3787.
- Fogel, A., & Thelen, E. (1987). Development of early expressive and communicative action: Reinterpreting the evidence from a dynamic systems perspective. *Developmental psychology*, 23(5), 747-761.
- Francis S., Rolls E. T., Bowtell R., McGlone F., O'Doherty J., Browning A., Clare S., & Smith E. (1999). The representation of pleasant touch in the brain and its relationship with taste and olfactory areas. *Neuroreport*, 25(3), 453-459.
- Fumagalli, M., Provenzi, L., De Carli, P., Dessimone, F., Sirgiovanni, I., Giorda, R., Cinnante, C., Squarcina, L., Pozzoli, U., Triulzi, F., et al. (2018). From early stress to 12-month development in very preterm infants: preliminary findings on epigenetic mechanisms and brain growth. *PLoS One*, 13(6), e0190602.
- Gallace, A., Spence, C. (2008). The science of interpersonal touch: an overview. *Neurosci Biobehav Rev*.
- Gardner E. P., Johnson K. O. (2013). Touch. In Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, Siegelbaum SA, & Hudspeth AJ (Eds.), *Principles of neural science* (pp. 498-529). McGraw-Hill.

- Gartstein, M. A., Putnam, S. P., & Rothbart, M. K. (2012). Etiology of preschool behavior problems: Contributions of temperament attributes in early childhood. *Infant Mental Health Journal*, 33, 197–211.
- Gianino, A., & Tronick, E. Z. (1988). The mutual regulation model: The infant's self and interactive regulation and coping and defensive capacities. In T. M. Field, P. M. McCabe, & N. Schneiderman (Eds.), *Stress and Coping across Development* (pp. 47-68). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Giorda, R. (2021). Principles of epigenetics and DNA methylation. In L. Provenzi & R. Montirosso (Eds.), *Developmental Human Behavioral Epigenetics* (pp. 3-26). Academic Press.
- Goldfarb, W. (1943). Infant rearing and problem behavior. *American Journal of Orthopsychiatry*, 13, 249–265
- Goldstein, E. B. (2011). *Cognitive Psychology: Connecting Mind, Research, and Everyday Experience* (4th ed.). Wadsworth, Cengage Learning.
- Gottfredson, M. R., & Hirschi, T. (1990). *A general theory of crime*. Stanford University Press.
- Gottlieb, G. (1992). *Individual development and evolution: The genesis of novel behavior*. Oxford University Press.
- Graziano, P. A., Keane, S. P., & Calkins, S. D. (2007). Cardiac vagal regulation and early peer status. *Child Development*, 78(1), 264-278.
- Greenberg, M. V. C., & Bourc'his, D. (2019). The diverse roles of DNA methylation in mammalian development and disease. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 20(10), 590-607.
- Gross, J. J. (1998). The emerging field of emotion regulation: An integrative review. *Review of General Psychology*, 2(3), 271-299.
- Gross, J.J., (2002). Emotion regulation: affective, cognitive, and social consequences. *Psychophysiology* 39, 281–291

- Gross, J.J., John, O.P., (2003). Individual differences in two emotion regulation processes: implications for affect, relationships, and well-being. *J. Pers. Soc. Psychol.* 85, 348–362
- Guest, S., Essick, G., Dessirier, J.M., Blot, K., Lopetcharat, K., McGlone, F. (2009). Sensory and affective judgments of skin during inter- and intrapersonal touch. *Acta Psychologica*, 130(2), 115-126.
- Gunnar, M. R., & Donzella, B. (2002). Social regulation of the cortisol levels in early human development. *Psychoneuroendocrinology*, 27(1-2), 199-220.
- Guthrie, I. K., Rice, T. W., & Bryant, F. B. (1997). Assessing individual differences in affective responses to expressive displays of emotion: Initial studies of a new stimulus set. *Motivation and Emotion*, 21(4), 285-306.
- Hanganu-Opatz, I. L., Butt, S. J. B., Hippenmeyer, S., De Marco Garcia, N. V., Cardin, J. A., Voytek, B., Muotri, A. R. (2021). The logic of developing neocortical circuits in health and disease. *Journal of Neuroscience*, 41 (5), 813-822.
- Hanson, R. F., & Spratt, E. G. (2000). Reactive attachment disorder: what we know about the disorder and implications for treatment. *Child Maltreatment*, 5(2), 137-145.
- Hellstrom, I. C., Dhir, S. K., Rawal, A., Sylven, S. M., & Jansson, T. (2012). Maternal licking regulates hippocampal glucocorticoid receptor transcription through a thyroid hormone-serotonin-NGFI-A signalling cascade. *The Journal of Physiology*, 590(24), 6027-6040.
- Henazi, S. P., & Barrett, L. (1999). The value of grooming to female primates. *Primates*, 40(1), 47-59.
- Hertenstein, M. J., Keltner, D., App, B., Bulleit, B. A., & Jaskolka, A. R. (2006). Touch communicates distinct emotions. *Emotion*, 6(3), 528-533.
- Hofbauer, R. K., Rainville, P., Duncan, G. H., & Bushnell, M. C. (2001). Cortical representation of the sensory dimension of pain. *J Neurophysiol*, 86, 402-411.
- Hofer, M. A. (1994). Hidden regulators in attachment, separation, and loss. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 59(2-3), 192-207.

- Holsboer, F. (2000). The corticosteroid receptor hypothesis of depression. *Neuropsychopharmacology*, 23, 477–50
- Hooker, E. (1943). The adjustment of the male overt homosexual. *Journal of Projective Techniques*, 7(2), 159-163.
- Hooper, D., Coughlan, J., & Mullen, M. (2008). Structural equation modelling: Guidelines for determining model fit. *Electronic Journal of Business Research Methods*, 6(1), 53-60.
- Hubel, D. H., & Wiesel, T. N. (1970). The period of susceptibility to the physiological effects of unilateral eye closure in kittens. *The Journal of Physiology*, 206(2), 419-436.
- Humphrey, N. K. (1966). The social function of intellect. In P. P. G. Bateson & R. A. Hinde (Eds.), *Growing points in ethology* (pp. 303-317). Cambridge University Press.
- Iggo, A. (1960). Cutaneous thermoreceptors in primates and sub-primate mammals. *The Journal of Physiology*, 153(1), 74-100.
- Ivy, A. S., Horvath, T. L., & Diano, S. (2010). The hippocampus: A target for regulating food intake. *Current Opinion in Pharmacology*, 10(6), 615-619
- Jaenisch, R., & Bird, A. (2003). Epigenetic regulation of gene expression: how the genome integrates intrinsic and environmental signals. *Nature genetics*, 33(Suppl), 245-254.
- James J. Gross. (2015). *Regolazione emotiva: un'analisi concettuale e teorica*.
- Johansson, R. S., Trulsson, M., Olsson, K. A., & Westberg, K. G. (1988). Mechanoreceptor activity from the human face and oral mucosa. *Experimental Brain Research*, 72, 204-208.
- John, R. M., & Rougeulle, C. (2016). Developmental epigenetics: phenotype and the flexible epigenome. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 6, 130.
- Johnson, M. H. (2011). Interactive specialization: A domain-general framework for human functional brain development?. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 1, 7-21.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., & Jessell, T. M. (2000). *Principles of neural science*. McGraw-Hill, Health Professions Division.

- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., & Jessell, T. M. (2013). *Principi di neuroscienze* (5th ed.). Casa Editrice Ambrosiana.
- Kanske, P., Heissler, J., Schönfelder, S., Bongers, A., Wessa, M., 2011. How to regulate emotion? Neural networks for reappraisal and distraction. *Cereb. Cortex* 21, 1379–1388
- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity: A developmental perspective on cognitive science*. MIT Press: Cambridge, Mass.
- Karmiloff-Smith, A. (1998). Development itself is the key to understanding developmental disorders. *Trends in Cognitive Sciences*, 2(10), 389-398.
- Keeley, K. M. (2016). Executive functions and their development in childhood. In *Handbook of Executive Functioning* (pp. 131-145). Springer, Cham.
- Keverne, E. B., Martel, F. L., Nevison, C. M., & Tuite, B. (1989). Beta-endorphin concentrations in cerebrospinal fluid of monkeys are influenced by grooming relationships. *Psychoneuroendocrinology*, 14(1-2), 155-161.
- Kim, C., Cilles, S.E., Johnson, N.F., Gold, B.T., 2012. Domain general and domain preferential brain regions associated with different types of task switching: a meta-analysis. *Hum. Brain Mapp.* 33, 130–142
- Kisilevsky, B. S., Muir, D. W., & Low, J. A. (1992). Maturation of Human Fetal Responses to Vibroacoustic Stimulation. *Child Development*, 63(6), 1497-1508.
- Knudsen, E. I. (2004). Sensitive periods in the development of the brain and behavior. *Journal of cognitive neuroscience*, 16(8), 1412-1425.
- Kochanska, G. (1997). Mutually responsive orientation between mothers and their young children: Implications for early socialization. *Child Development*, 68(1), 94-112.
- Kolb, B., & Whishaw, I. Q. (2015). *An introduction to brain and behavior*. Macmillan Higher Education.
- Kühn, S., Vanderhasselt, M.A., De Raedt, R., Gallinat, J., 2012. Why ruminators won't stop: the structural and resting state correlates of rumination and its relation to depression. *J. Affect. Disord.* 141, 352–360

- Kulkarni B., Bentley D.E., Elliott R., Youell P., Watson A., Derbyshire S.W.G., Frackowiak R.S.J., Friston K.J., Jones A.K.P., (2005). Attention to pain localization and unpleasantness discriminates the functions of the medial and lateral pain systems. *Eur J Neurosci* 21:3133–3142.
- Kumazawa, T., & Perl, E. R. (1977). Primate cutaneous receptors with afferent C fibres. *The Journal of Physiology*, 273(1), 429-458.
- Lengua, L. J., Wolchik, S. A., Sandler, I. N., & West, S. G. (2000). The additive and interactive effects of parenting and temperament in predicting adjustment problems of children of divorce. *Journal of Clinical Child Psychology*, 29(2), 232-244.
- Lester, B. M., Mayes, L. C., Liu, X., Yang, R., Shankaran, S., Bada, H. S., Das, A., Waddell, J., & the NICHD Neonatal Research Network. (2017). Neurobehavioral disinhibition predicts initiation of substance use in children with prenatal cocaine exposure. *Drug and Alcohol Dependence*, 180, 365-371.
- Levine, M. D., & Marks, D. F. (2019). Infancy and Childhood. In *Neuroscience* (Fifth Edition) (pp. 367-401). Elsevier.
- Levine, S. (1994). The ontogeny of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis: The influence of maternal factors. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 746, 275–288
- Lezak, M. (1995). *Neuropsychological assessment* (3rd ed.). New York: Oxford University Press.
- Li, A., Zhang, X., Qiu, L., & Wang, S. (2011). The somatosensory pathway and its role in pain processing: A review. *The Journal of Medical Investigation*, 58(3-4), 140-147.
- Li, L., Rutlin, M., Abaira, V. E., Cassidy, C., Kus, L., Gong, S., ... & Luo, W. (2011). The functional organization of cutaneous low-threshold mechanosensory neurons. *Cell*, 147(7), 1615-1627.
- Lickliter, R. (2011). *The developmental dynamics of embodiment: A neo-Darwinian interpretation of development*. Oxford University Press.

- Linnér, R. K., & Almgren, M. (2020). Childhood adversities and adult health: A life course perspective. *Current Opinion in Psychiatry*, 33(4), 311-316.
- Liu, Q., Vrontou, S., Rice, F. L., Zylka, M. J., & Dong, X. (2007). Molecular specificity of cutaneous sensory neurons. *Journal of Neuroscience*, 27(29), 7842-7848.
- Löken, L. S., Wessberg, A. K., Lundström, J. N., & Jenmalm, P. (2009). Humanlike olfactory function in mammals: An overview. *Physiology & Behavior*, 97(5), 361-376.
- Løken, L.S., Wessberg, J., Morrison, I., McGlone, F., Olausson. H. (2009). Coding of pleasant touch by unmyelinated afferents in humans. *Nat Neurosci* 5:547–548
- Lovero, K.L., Simmons, A.N., Aron, J.L., Paulus, M.P. (2009). Anterior insular cortex anticipates impending stimulus significance. *Neuroimage*, 45, 976–983.
- Lupien, S. J., McEwen, B. S., Gunnar, M. R., & Heim, C. (2009). Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nature reviews neuroscience*, 10(6), 434-445.
- Maccari, S., Krugers, H. J., Morley-Fletcher, S., Szyf, M., & Brunton, P. J. (2014). The consequences of early-life adversity: Neurobiological, behavioural and epigenetic adaptations. *Journal of Endocrinology*, 26, 707–723.
- MacKenzie, I. F., Hailey, D. M., & Lethbridge, T. C. (1975). Peripheral and central components of habituation of the human blink reflex. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 38(11), 1113-1122.
- Maksimovic, S., Nakatani, M., Baba, Y., Nelson, A. M., Marshall, K. L., Wellnitz, S. A., ... & Lumpkin, E. A. (2014). Diversification and specialization of touch receptors in skin. *Science*, 346(6212), 979-983.
- Manzotti, A., Cerritelli, F., Esteves, J. E., Lista, G., Lombardi, E., La Rocca, S., Gallace, A., McGlone, F. P., & Walker, S. C. (2019). Dynamic touch reduces physiological arousal in preterm infants: a role for c-tactile afferents? *Developmental Cognitive Neuroscience*, 39.
- Marshall, P.J., & Meltzoff, A.N. (2015). Body maps in the infant brain. *Trends in cognitive sciences*, 19, 499-505.

- Martin, P., & Clark, R. D. (1982). Distress crying in neonates: Species and peer specificity. *Developmental Psychology*, 18(1), 3-9.
- McAllister, A. K., Katz, L. C., & Lo, D. C. (1999). Neurotrophins and synaptic plasticity. *Annual Reviews in Neuroscience*, 22, 295–318.
- McCraty, R., & Shaffer, F. (2015). Heart Rate Variability: New Perspectives on Physiological Mechanisms, Assessment of Self-regulatory Capacity, and Health risk. *Global Advances in Health and Medicine*, 4(1), 46-61.
- McGlone, F., Vallbo, A. B., Loken, L., & Wessberg, J. (2007). Discriminative touch and emotional touch. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 61(3), 173-183.
- McGlone, F., Wessberg, J., & Olausson, H. (2014). Discriminative and affective touch: sensing and feeling. *Neuron*, 82(4), 737-755.
- Meaney, M. J. (2010). Epigenetics and the biological definition of gene-environment interactions. *Child development*, 81(1), 41-79.
- Meaney, M. J., & Szyf, M. (2005). Maternal care as a model for experience-dependent chromatin plasticity? *Trends in Neuroscience*, 28(9), 456-463.
- Meaney, M. J., Mitchell, J. B., Aitken, D. H., Bhatnagar, S., Bodnoff, S. R., Iny, L. J., & Sarrieau, A. (1991). The effects of neonatal handling on the development of the adrenocortical response to stress: Implications for neuropathology and cognitive deficits in later life. *Psychoneuroendocrinology*, 16, 85–103.
- Meaney, M. J., Szyf, M., & Seckl, J. R. (2007). Epigenetic mechanisms of perinatal programming of hypothalamic-pituitary-adrenal function and health. *Trends in Molecular Medicine*, 13(7), 269-277
- Menard, J. L., Champagne, D. L., & Meaney, M. J. (2004). Variations of maternal care differentially influence ‘fear’ reactivity and regional patterns of cFos immunoreactivity in response to the shock-probe burying test. *Neuroscience*, 129(2), 297-308.
- Merskey, H., & Bogduk, N. (1994). Classification of chronic pain: descriptions of chronic pain syndromes and definitions of pain terms. IASP Press.

- Mesulam, M. M. (2002). The human frontal lobes: Transcending the default mode through contingent encoding. In D. Stuss & R. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function* (pp. 8–30). New York: Oxford University Press
- Mischel, W., & Ayduk, O. (2011). Willpower in a cognitive-affective processing system: The dynamics of delay of gratification. In R. F. Baumeister & K. D. Vohs (Eds.), *Handbook of self-regulation: Research, theory, and applications* (2nd ed., pp. 99-129). Guilford Press.
- Miyake, A., Friedman, N.P., (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: four general conclusions. *Curr. Direct. Psychol. Sci.* 21, 8–14
- Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A., Wager, T.D., (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex frontal lobe tasks: a latent variable analysis. *Cognit. Psychol.* 41, 49–100
- Moles, A., Kieffer, B. L., & D’Amato, F. R. (2004). Deficit in attachment behavior in mice lacking the mu-opioid receptor gene. *Science*, 304(5679), 1983-1986.
- Montagu, A. (1971). *Touching: The human significance of the skin*. In *Touching: The human significance of the skin*. Columbia U. Press.
- Morrison, I. (2016). CT afferents, lamina I and the emotional aspects of pain. *Trends in neurosciences*, 39(3), 157-169
- Morrison, I., Löken, L. S., & Olausson, H. (2010). The skin as a social organ. *Experimental Brain Research*, 204(3), 305-314.
- Muñoz, M. L., van Roon, A., Riese, H., Thio, C., Oostenbroek, E., Westrik, I., de Geus, E. J. C., Gansevoort, R., Lefrandt, J., Nolte, I. M., et al. (2015). Validity of (ultra-)short recordings for heart rate variability measurements. *PLoS ONE*, 10, e0138921.
- Murgatroyd, C., & Bradburn, S. (2016). Epigenetics, the environment, and children's health. *Across Lifespans* (pp. 207–229). Springer.

- Naber, F. B., Swinkels, S. H., Buitelaar, J. K., & Bakermans-Kranenburg, M. J. (2007). Autism in the early years: Prevalence and timing of referral. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(4), 824-833.
- Nelson, C. A., & Gabard-Durnam, L. J. (2019). Early adversity and critical periods: Neurodevelopmental consequences of violating the expectable environment. *Trends in neuroscience*, 42(11), 749-761.
- Nordin, M. (1990). Low-threshold mechanoreceptive and nociceptive units with unmyelinated (C) fibres in the human supraorbital nerve. *Journal of Physiology*, 426, 229-240.
- Ochsner, K.N., Gross, J.J., 2005. The cognitive control of emotion. *Trends Cogn. Sci.* 9, 242–249
- Olausson, H., Cole, J., Vallbo, A., McGlone, F., Elam, M., Kraemer, H. H., Rylander, K., Wessberg, J., Elam, M., & Bushnell, M. C. (2008). Unmyelinated tactile afferents have opposite effects on insular and somatosensory cortical processing. *Neuroscience Letters*, 436, 128-132.
- Olausson, H., Lamarre, Y., Backlund, H., Morin, C., Wallin, B. G., Starck, G., Ekholm, S., Strigo, I., Worsely, K., Vallbo, Å. B., & Bushnell, M. C. (2002). Unmyelinated tactile afferents signal touch and project to insular cortex. *Nature Neuroscience*, 5(9), 900-904.
- Olausson, H., Wessberg, J., Morrison, I., MaGlone, F., & Vallbo, A. (2010). The neurophysiology of unmyelinated tactile afferents. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(2), 185-191.
- Olausson, H., Wessberg, J., Morrison, I., McGlone, F., & Vallbo, A. (2008a). The neurophysiology of unmyelinated tactile afferents. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*.
- Ostrowsky, K., Isnard, J., & Ryvlin, P. (2000). Functional mapping and localization of human cortical motor areas: a review. *Epileptic Disorders*, 2(3), 127-138.
- Ostrowsky, K., Magnin, M., Ryvlin, P., Isnard, J., Guenet, M., & Mauguiere, F. (2002). Representation of pain and somatic sensation in the human insula: a study of responses to direct electrical cortical stimulation. *Cerebral Cortex*, 12(4), 376-385.

- Panksepp, J. (1989). Can “instinctual” behavior be modified by brain stimulation? Implications for psychotherapy. *American Journal of Clinical Hypnosis*, 31(4), 261-270.
- Paris, J. J., & Frye, C. A. (2011). Juvenile offspring of rats exposed to restraint stress in late gestation have impaired cognitive performance and dysregulated progesterone formation. *Stress*, 14, 23–32.
- Peciña, S., Schulkin, J., & Berridge, K. C. (2006). Nucleus accumbens corticotropin-releasing factor increases cue-triggered motivation for sucrose reward: paradoxical positive incentive effects in stress?. *BMC biology*, 4(1), 8.
- Penfield, W., & Faulk, M. E. (1955). The insula: Further observations on its function. *Brain*, 78(4), 445-470.
- Phillips, M.L., Ladoeur, C.D., Drevets, W.C., 2008. A neural model of voluntary and automatic emotion regulation: implications for understanding the pathophysiology and neurodevelopment of bipolar disorder. *Mol. Psychiatry* 13, 833–857
- Ponitz, C. C., McClelland, M. M., Matthews, J. S., & Morrison, F. J. (2009). A structured observation of behavioral self-regulation and its contribution to kindergarten outcomes. *Developmental psychology*, 45(3), 605-619.
- Porges, S. W. (2007). The polyvagal perspective. *Biological Psychology*, 74(2), 116-143.
- Porges, S.W. (2007). The polyvagal perspective. *Biological Psychology*, 74(2), 116-143.
- Porges, S.W., (1995). Orienting in a defensive world: mammalian modifications of our evolutionary heritage: a polyvagal theory
- Porges, S.W., (2001). The polyvagal theory: phylogenetic substrates of a social nervous system. *Int. J. Psychophysiol.* 42, 123–146
- Porges, S.W., (2007). The polyvagal perspective. *Biol. Psychol.* 74, 116–143
- Proske, U., & Gandevia, S. C. (2012). The proprioceptive senses: their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force. *Physiological Reviews*, 92(4), 1651-1697.

- Provencal, N., & Binder, E. B. (2015). The neurobiological effects of stress as contributors to psychiatric disorders: focus on epigenetics. *Current Opinion in Neurobiology*, 30, 31-37.
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., LaMantia, A. S., McNamara, J. O., & Williams, S. M. (2018). *Neuroscience* (6th ed.). Sinauer Associates.
- Putnam, S. P., Gartstein, M. A., & Rothbart, M. K. (2006). Development of Short and Very Short Forms of the Children's Behavior Questionnaire. *Journal of Personality Assessment*, 87(1), 102-112
- R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria, 2016.
- Rainville, P., Duncan, G. H., Price, D. D., Carrier, B., & Bushnell, M. C. (1997). Pain affect encoded in human anterior cingulate but not somatosensory cortex. *Science*, 277, 968-971.
- Rajan, K. E., Soundarya, S., Karen, C., Shanmugapriya, V., & Radhakrishnan, K. (2019). Presence of mother reduces early-life social stress: Linking the alteration in hypothalamic-pituitary-adrenal axis and serotonergic system. *Developmental Neuroscience*, 41(3– 4), 212–222
- Rothbart, M. K., & Bates, J. E. (2006). Temperament. *Handbook of child psychology*, 3, 99-166.
- Rothbart, M. K., & Gartstein, M. A. (2000). The development of temperament: Origins and outcomes. In A. J. Sameroff, M. Lewis, & S. M. Miller (Eds.), *Handbook of developmental psychopathology* (2nd ed., pp. 375-403). Springer.
- Rothbart, M.K., Ellis, L.K., Rueda, M.R., Posner, M.I., 2003. Developing mechanisms of temperamental effortful control. *J. Pers.* 71, 1113–1114
- Rutter, M., & O'Connor, T. (2004). Are there biological programming effects for psychological development? Findings from a study of Romanian adoptees. *Developmental Psychology*, 40(1), 81-94.

- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000b). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American psychologist*, 55(1), 68-78.
- Sagi, A., & Hoffman, M. L. (1976). Empathic distress in the newborn. *Developmental Psychology*, 12(2), 175-176.
- Sapolsky, R. M., & Meaney, M. J. (1986). Maturation of the adrenocortical stress response: Neuroendocrine control mechanisms and the stress hyporesponsive period. *Brain Research*, 396, 64–76.
- Saul, J.P., 1990. Beat-to-beat variations of heart rate reflect modulation of cardiac autonomic outflow. *News Physiol. Sci.* 5, 32–37
- Scerif, G., & Karmiloff-Smith, A. (2005). The dawn of cognitive genetics? Crucial developmental caveats. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(3), 126-135.
- Schacter, D. L., Gilbert, D. T., Wegner, D. M., & Nock, M. K. (2014). *Psicologia generale* (2nd ed.). Zanichelli.
- Schiele, M. A., Gottschalk, M. G., & Domschke, K. (2020). The applied implications of epigenetics in anxiety, affective and stress-related disorders - a review and synthesis on psychosocial stress, psychotherapy and prevention. *Clinical Psychology Review*, 77, 101830.
- Schmidt, M. V. (2019). Stress-hyporesponsive period. In G. Fink (Ed), *Stress: Physiology, biochemistry, and pathology*. Handbook of stress series (volume 3, pp. 49–56). Academic Press, Elsevier.
- Schmidt, R. F., Thews, G., & Lang, F. (Eds.). (1989). *Human Physiology* (3rd ed.) (pp. 436-438). Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- Schneider, U., Bode, F., Schmidt, A., Nowack, S., Rudolph, A., Doelcker, E.-M., Schlattmann, P., Götz, T., & Hoyer, D. (2018). Developmental milestones of the autonomic nervous system revealed via longitudinal monitoring of fetal heart rate variability. *PLoS ONE*, 13(7), e0200799.

- Serino, A., & Haggard, P. (2009). Touch and the body. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*.
- Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*, 5, 258.
- Sharp, H., Pickles, A., Meaney, M., Marshall, K., Tibu, F., & Hill, J. (2012). Frequency of infant stroking reported by mothers moderates the effect of prenatal depression on infant behavioural and physiological outcomes. *PloS one*, 7(10), e45446.
- Sherwood, L. (2008). *Fisiologia Umana: Dalla Cellula ai Sistemi*. Milano: Zanichelli.
- Shonkoff, J. P., & Phillips, D. A. (Eds.). (2000). *From neurons to neighborhoods: The science of early childhood development*. National Academies Press.
- Shonkoff, J. P., Boyce, W. T., & McEwen, B. S. (2012). Neuroscience, molecular biology, and the childhood roots of health disparities: Building a new framework for health promotion and disease prevention. *JAMA*, 308(23), 2509-2510.
- Silk, J. B. (2002). Kin selection in primate groups. *International Journal of Primatology*, 23(4), 849-875.
- Silverthorn, D. U. (2019). *Principi di Fisiologia Umana*. Milano: Pearson.
- Simner, M. L. (1971). Newborn's response to the cry of another infant. *Developmental Psychology*, 5(1), 136-150
- Simner, M. L. (1971). Newborn's response to the cry of another infant. *Developmental Psychology*, 5(1), 136-150.
- Smith, L. B., & Thelen, E. (2003). Development as a dynamic system. *Trends in cognitive sciences*, 7(8), 343-348.
- Smith, V. C., Fiori-Cowley, A., & Kelleher, J. (2014). Impact of early parental presence on very low birth weight neonates in a neonatal intensive care unit. *Journal of Perinatology*, 34(8), 608-611.
- Spitz, R. A. (1945). Hospitalism: An inquiry into the genesis of psychiatric conditions in early childhood. *The Psychoanalytic Study of the Child*, 1, 53-74.

- Spitz, R. A. (1965). *The first year of life: A psychoanalytic study of normal and deviant development of object relations*. New York, NY: International Universities Press.
- Squire, L. R., Berg, D., Bloom, F. E., du Lac, S., Ghosh, A., Spitzer, N. C., ... & Zigmond, M. J. (2012). *Fundamental neuroscience*. Academic Press.
- Stack, D. M., & Muir, D. W. (1990). Adult tactile contact influences infants' responses to the still-face situation. *Developmental Psychology*, 26(6), 864-871
- Stack, D. M., & Muir, D. W. (1992). Adult tactile stimulation during face-to-face interactions modulates five-month-olds' affect and attention. *Child Development*, 63(6), 1509-1525.
- Stack, D. M., Muir, D. W., & Sucharew, H. (2002). Physiological correlates of touch in neonates: Heart rate, oxygen saturation, and respiratory rate. *Infant Behavior and Development*, 25(1), 15-23.
- Stephani, C., Fernandez-Baca Vaca, G., Maciunas, R., Koubeissi, M., Lüders, H. O., & Kellinghaus, C. (2011). Functional neuroanatomy of the insular lobe. *Brain Structure and Function*, 216(2), 137-149.
- Stephani, C., Fernandez-Baca Vaca, G., Maciunas, R., Koubeissi, M., Lüders, H. O., & Kellinghaus, C. (2011). Functional neuroanatomy of the insular lobe. *Brain Structure and Function*, 216(2), 137-149.
- Sterman, M. B., Howe, R. C., & Macdonald, L. R. (1980). Facilitation of spindle-burst sleep by conditioning of electroencephalographic activity while awake. *Science*, 167(3921), 1146-1148.
- Sulik, M. J., Blair, C., & Mills-Koonce, R. (2015). Early Adversity and Neural Development: Implications for Intervention. *Developmental Review*, 38, 1-17.
- Suomi, S.J. (2011). Risk, resilience, and gene-environment interplay in primates. *J. Can. Acad. Child Adolesc. Psychiatry* 20, 289–297.
- Svensson, E., & Sundberg, C. J. (2019). Heart rate variability: A biomarker of self-regulation. *Journal of neuroscience nursing: journal of the American Association of Neuroscience Nurses*, 51(3), 116-121

- Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2000). A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *Journal of Affective Disorders*, 61(3), 201-216.
- Thayer, J.F., Hansen, A.L., Saus-Rose, E., Johnsen, B.H., 2009. Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. *Ann. Behav. Med.* 37, 141–153
- Thayer, J.F., Lane, R.D., 2000. A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *J. Affect. Disord.* 61, 201–216
- Thelen, E., & Smith, L. B. (1994). *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. MIT press.
- Thompson, R. A. (1990). Emotion and self-regulation. In R. A. Thompson (Ed.), *Nebraska Symposium on Motivation, 1988: Socioemotional Development (Vol. 36, pp. 367-467)*. University of Nebraska Press.
- Thompson, R., & Larson, D. (2015). The skin and touch receptors. In *Anatomy and physiology* (pp. 342-345). Academic Press.
- Tronick, E. Z. (1989). Le emozioni e la comunicazione affettiva nei bambini. Tr.it. in *Regolazione emotiva. Nello sviluppo e nel processo terapeutico* (pp. 91-112). Milano: Raffaello Cortina.
- Tronick, E. Z. (2007). *The Neurobehavioral and Social-Emotional Development of Infants and Children*. New York: W. W. Norton & Company.
- Tuominen, L., Nummenmaa, L., Keltikangas-Järvinen, L., & Rantala, M. J. (2013). Social touch modulates endogenous μ -opioid system activity in humans. *NeuroImage*, 71, 313-318.
- Turecki, G., & Meaney, M. J. (2016). Effects of the social environment and stress on glucocorticoid receptor gene methylation: a systematic review. *Biological Psychiatry*, 79(2), 87-96.
- Valenza, E., & Turati, C. (2019). *Promuovere lo sviluppo della mente*. Il Mulino.

- Vallbo, A. B., Olausson, H., & Wessberg, J. (1999). Unmyelinated afferents constitute a second system coding tactile stimuli of the human hairy skin. *American Physiological Society*, 2753-2763.
- Vallbo, Å. B., Olausson, H., Wessberg, J., & Norrsell, U. (1993). A system of unmyelinated afferents for innocuous mechanoreception in the human skin. *Brain research*, 628(1-2), 301-304.
- Van Bodegom, M., Homberg, J. R., & Heckens, M. J. A. G. (2017). Modulation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis by early life stress exposure. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 11, 87
- Van Oers, H. J., de Kloet, E. R., Whelan, T., & Levine, S. (1998). Maternal deprivation effect on the infant's neural stress markers is reversed by tactile stimulation and feeding but not by suppressing corticosterone. *Journal of Neuroscience*, 18(23), 10171–10179.
- 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.
- Vanderhasselt, M.A., Kühn, S., De Raedt, R., 2013. 'Put on your poker face': neural systems supporting the anticipation for expressive suppression and cognitive reappraisal. *Soc. Cognit. Affect. Neurosci.* 8, 903–910
- Vazquez, D. M., van Oers, H., Levine, S., & Akil, H. (1996). Regulation of glucocorticoid and mineralocorticoid receptor mRNAs in the hippocampus of the maternally deprived infant rat. *Brain Research*, 731, 79–90
- Vrontou, S., Wong, A. M., Rau, K. K., Koerber, H. R., & Anderson, D. J. (2013). Genetic identification of C fibres that detect massage-like stroking of hairy skin in vivo. *Nature*, 493(7434), 669-673.
- Wagenmakers, E. J., & Farrell, S. (2004). AIC model selection using Akaike weights. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11(1), 192-196.
- Walker, C.-D., Perrin, M., Vale, W., & Rivier, C. (1986). Ontogeny of the stress response in the rat: Role of the pituitary and the hypothalamus. *Endocrinology*, 118, 1445–1451.

- Walker, S. C., & McGlone, F. P. (2013). The social brain: neurobiological basis of affiliative behaviours and psychological well-being. *Neuropeptides*, 47(6), 379-393.
- Weaver, I. C. G., Cervoni, N., Champagne, F. A., D'Alessio, A., Sharma, S., Seckl, J. R., Dymov, S., Szyf, M., & Meaner, M. J. (2004). Epigenetic programming by maternal behavior. *Nature Neuroscience*, 7, 847–854.
- Webb, T.L., Miles, E., Sheeran, P., 2012. Dealing with feeling: a meta-analysis of the effectiveness of strategies derived from the process model of emotion regulation. *Psychol. Bull.* 138, 775–808
- Wessberg, J., Olausson, H., Fernström, K. W., & Vallbo, Å. B. (2003). Receptive field properties of unmyelinated tactile afferents in the human skin. *Journal of neurophysiology*, 89(3), 1567-1575.
- Whittle, S., Yücel, M., Fornito, A., Barrett, A., Wood, S.J., Lubman, D.I., Simmons, J., Pantelis, C., Allen, N.B., 2008. Neuroanatomical correlates of temperament in early adolescents. *J. Am. Acad. Child Adolesc. Psychiatry* 47, 682–693
- Zhang, L.-X., Levine, S., Dent, G., Zhan, Y., Xing, G.-Q., Okimoto, D., Gordin, M. C., Post, R. M., & Smith, M. A. (2002). Maternal deprivation increases cell death in the infant rat brain. *Developmental Brain Research*, 133, 1–11
- Zhou, Q., Eisenberg, N., Wang, Y., & Reiser, M. (2009). Chinese children's effortful control and dispositional anger/frustration: Relations to parenting styles and children's social functioning. *Developmental Psychology*, 45(4), 1280-1292.
- Zimbardo, P. G., Johnson, R. L., & McCann, V. (2017). *Principi di psicologia*. Milano: Pearson.
- Zimmerman, B. J. (2013). Theories of self-regulated learning and academic achievement: An overview and analysis. In H. Bembenuy, T. J. Cleary, & A. Kitsantas (Eds.), *Applications of self-regulated learning across diverse disciplines: A tribute to Barry J. Zimmerman* (pp. 1-19). Charlotte, NC: Information Age Publishing.