



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MESSINA

Dipartimento di Scienze Cognitive, Psicologiche, Pedagogiche e degli Studi Culturali

DOTTORATO DI RICERCA IN SCIENZE COGNITIVE
XXX CICLO

**Un contributo alla comprensione dell'eziologia del deficit di
attenzione nei soggetti con Disturbo dello Spettro Autistico**

Dottoranda:

Cristina Carrozza

Coordinatore del dottorato:

Prof. Antonino Pennisi

Tutor e Supervisore di Tesi:

Prof.ssa Rosa Angela Fabio

S.S.D. M-PSI/01

Anno Accademico 2016 - 2017

INDICE

INTRODUZIONE	pag.1
---------------------------	-------

CAPITOLO I

Attenzione visiva nello sviluppo tipico e atipico

1.1 Attenzione visiva ed elaborazione degli stimoli nello sviluppo tipico	pag.5
1.2 Attenzione visiva ed elaborazione degli stimoli nello sviluppo atipico: l'Autismo....	pag.9
1.2.1 Studi comportamentali con stimoli sociali statici e dinamici	pag.10
1.2.2 Studi comportamentali con stimoli sociali e non sociali	pag.14
1.2.3 Studi comportamentali con figure geometriche	pag.17
1.3 Attenzione nello sviluppo atipico: studi di <i>neuroimaging</i>	pag.21

CAPITOLO II

Attenzione e memoria di riconoscimento di figure geometriche semplici e complesse nei soggetti autistici: uno studio di eye-tracking

2.1 Preferenza verso forme curvilinee e rettilinee nello sviluppo tipico	pag.26
2.2 Preferenza verso forme curvilinee e rettilinee nello sviluppo atipico: l'Autismo.....	pag.31
2.3 Ipotesi e obiettivi dello studio	pag.33
2.4 Metodo	pag.36
2.4.1 Soggetti	pag.36
2.4.2 Procedura	pag.37
2.5 Analisi statistica.....	pag.49
2.6 Risultati	pag.49
2.7 Discussione	pag.57

CAPITOLO III

Immagini semplici e complesse: operazionalizzazione del costrutto, standardizzazione e complessità categoriale

3.1 La complessità: teorie a confronto	pag.60
3.2 Ipotesi e obiettivi dello studio	pag.65
3.3 Metodo	pag.67
3.3.1 Soggetti	pag.67
3.3.2 Procedura	pag.67
3.4 Risultati	pag.69
3.5 Discussione	pag.74

CAPITOLO IV

Attenzione e memoria di riconoscimento di immagini semplici e complesse nei soggetti autistici: uno studio di eye-tracking

4.1 Introduzione	pag.77
4.2 Ipotesi e obiettivi dello studio	pag.79
4.3 Metodo	pag.81
4.3.1 Soggetti	pag.81
4.3.2 Procedura	pag.82
4.4 Analisi statistica	pag.86
4.5 Risultati	pag.87
4.6 Discussione	pag.93

CONCLUSIONI	pag.95
--------------------------	--------

BIBLIOGRAFIA	pag.101
---------------------------	---------

INTRODUZIONE

La capacità di registrare informazioni con gli organi di senso è alla base della conoscenza umana. Attraverso gli input derivanti dall'ambiente circostante, l'individuo acquisisce informazioni sulla realtà che sono indispensabili per interagire con essa e per costruire le forme di conoscenza più elaborate, quali pensieri, ricordi (Parker & Gibson, 1979). “Gli stimoli sono quindi selezionati ed elaborati in base alle aspettative, agli interessi e agli obiettivi dell'individuo. Questo processo di selezione degli stimoli derivanti dall' ambiente esterno è definito “attenzione” (Mecacci, 2001)”. Poiché l'attenzione è una componente fondamentale per la realizzazione di operazioni cognitive complesse, un deficit in questa funzione potrebbe, pertanto, impedire lo sviluppo di abilità cognitive e sociali di ordine superiore. Questa difficoltà di prestare attenzione agli stimoli, specialmente quelli sociali (volti), è presente, ad esempio, nei soggetti con Disturbo dello Spettro Autistico (*Autism Spectrum Disorder* - ASD).

Come già evidenziato in letteratura, le ragioni di questa attenzione ridotta sono ancora oggetto di dibattito da parte della comunità scientifica. È possibile che i soggetti con ASD guardino di meno gli stimoli sociali perché questi non sono abbastanza “interessanti e motivanti” (Shic et al., 2011; Chevallier et al., 2015) oppure perché non sono una priorità nel loro sistema attentivo (Chawarska et al., 2010). Inoltre, è probabile che la difficoltà di attenzione verso gli stimoli sociali (Shic et al., 2011; Coffman et al., 2011; Chawarska et al., 2013) sia il risultato diretto di una maggiore salienza degli stimoli non sociali (Sasson & Touchstone, 2014; Pierce et al., 2011, 2015; Shi et al., 2015; Shaffer et al., 2017). Nonostante questi risultati, altri studi hanno evidenziato che i deficit di base nell' ASD non possano essere ascritti a differenze di esplorazione visiva verso gli stimoli sociali ma che provengano dalle prime difficoltà

generali nel controllo dell'attenzione visiva; questi ultimi, a loro volta, potrebbero causare problemi di autoregolazione e compromettere l'acquisizione delle abilità necessarie per l'elaborazione degli stimoli (Elsabbagh & Johnson, 2007; 2010; Elsabbagh et al., 2013a; Elsabbagh et al., 2013b; Sacrey et al., 2013).

Per quanto riguarda le ricerche descritte nella presente tesi, la teoria a cui si intende fare riferimento per spiegare le difficoltà di esplorazione visiva presenti nell'ASD è quella relativa alla presenza di un Deficit Aspecifico di Attenzione Visiva presente sin dalle prime fasi di elaborazione dell'input visivo (Elsabbagh & Johnson, 2007; 2010; Elsabbagh et al., 2013; Elsabbagh et al., 2013b). Secondo questa teoria, le difficoltà attentive presenti nei soggetti con ASD non sono causate da differenze di esplorazione visiva degli stimoli sociali ma dalle prime difficoltà generali nel controllo dell'attenzione visiva; questi ultimi, a loro volta, potrebbero causare problemi di autoregolazione e compromettere l'acquisizione delle abilità necessarie per l'elaborazione degli stimoli (Elsabbagh & Johnson, 2007; 2010; Elsabbagh et al., 2013a; Elsabbagh et al., 2013b; Sacrey et al., 2013). Poiché tali deficit di attenzione visiva non sono né universali né specifici per l'autismo, la presenza di un deficit attentivo aspecifico verso gli stimoli socialmente rilevanti potrebbe essere una condizione necessaria ma non sufficiente per l'emergenza delle difficoltà presenti nel Disturbo dello Spettro Autistico (Elsabbagh & Johnson, 2007; 2010; Elsabbagh et al., 2013a; Elsabbagh et al., 2013b).

Per trattare nel dettaglio questa tematica, il primo capitolo della tesi (“Attenzione visiva nello sviluppo tipico e atipico”) è dedicato allo studio dell'attenzione nei soggetti con sviluppo tipico (*Typical Development* - TD) e nei soggetti con sviluppo atipico (*Autism Spectrum Disorder* - ASD). A seguire sono riportate alcune evidenze

scientifiche emerse in due principali ambiti: studi di *neuroimaging* volti ad indagare i correlati anatomo-funzionali del funzionamento morfologico e strutturale dell'attenzione nello sviluppo tipico e atipico e studi comportamentali che, servendosi di particolari metodologie (eye-tracker, video di interazioni ecc), hanno indagato le difficoltà attentive presenti nel Disturbo dello Spettro Autistico (Chawarska et al., 2013; Elsabbagh et al., 2013a; Elsabbagh et al., 2013b; Campbell et al, 2014; Sasson & Touchstone, 2014; Pierce et al., 2011,2015; Shi et al., 2015; Di Giorgio et al., 2016; Shaffer et al., 2017).

Nel secondo capitolo è illustrata la ricerca “Attenzione e memoria di riconoscimento di figure geometriche semplici e complesse nei soggetti autistici: uno studio di eye-tracking”. L’obiettivo generale di questa ricerca è comprendere se sia prioritario il deficit di orientamento verso gli stimoli sociali (volti) nello sviluppo della sintomatologia ASD oppure se quest’ultimo sia secondario ad un deficit aspecifico di attenzione visiva presente sin dalle prime fasi di elaborazione degli stimoli. Tra le variabili che potrebbero determinare il deficit attentivo verso gli stimoli sociali e non sociali, in questa ricerca sono state prese in considerazione la complessità geometrica e la tipologia di figure geometriche (curvilinee e rettilinee). L’idea di base è indagare se sia la percezione della complessità geometrica legata alla tipologia di figure (curvilinee e rettilinee) ad influenzare il deficit verso gli stimoli sociali nei soggetti con ASD. Nello specifico, si vuole comprendere se l’esposizione ad uno stimolo curvilineo (anche se non sociale come il viso) determini un deficit nell’esplorazione visiva. Nonostante in questo lavoro siano stati indagati gli “antecedenti percettivi funzionali” del deficit di attenzione visiva presente nei soggetti con ASD, il limite riscontrato è l’utilizzo di stimoli “astratti” (figure geometriche).

Ma cosa accade, invece, in presenza di stimoli ecologici e naturalistici?

Per rispondere a questa domanda, è stato condotto un altro studio di eye-tracking (“Attenzione e memoria di riconoscimento di immagini semplici e complesse nei soggetti autistici: uno studio di eye-tracking”) che, utilizzando la stessa procedura dello studio precedente, ha valutato l’esplorazione visiva e la memoria di riconoscimento dei soggetti con ASD verso stimoli ecologici (immagini) semplici e complessi. Inoltre, dato che in letteratura gli stimoli ecologici utilizzati non sono stati mai tarati, prima di indagare l’esplorazione visiva e la memoria di riconoscimento dei soggetti con ASD di fronte a stimoli ecologici semplici e complessi, è stata condotta una taratura e standardizzazione di immagini semplici e complesse appartenenti a diverse categorie (“Immagini semplici e complesse: operazionalizzazione del costrutto, standardizzazione e complessità categoriale”).

La tesi si conclude con alcune riflessioni relative ai risultati ottenuti e alle possibili implicazioni per la ricerca futura.

I CAPITOLO

Attenzione visiva nello sviluppo tipico e atipico

1.1 Attenzione visiva ed elaborazione degli stimoli nello sviluppo tipico

La capacità di registrare informazioni con gli organi di senso è alla base della conoscenza umana. Attraverso gli input derivanti dall'ambiente circostante, l'individuo acquisisce informazioni sulla realtà che sono indispensabili per interagire con essa e per costruire le forme di conoscenza più elaborate, quali pensieri, ricordi (Parker & Gibson, 1979). “Gli stimoli sono quindi selezionati ed elaborati in base alle aspettative, agli interessi e agli obiettivi dell'individuo” (Mecacci, 2001). Tra i cinque organi di senso, quello che ricopre un ruolo fondamentale dal punto di vista biologico ed evolutivo è la vista.

Gli occhi affascinano l'individuo sin dalla nascita. Il sistema visivo umano, sebbene poco sviluppato, è già efficiente nel distinguere questi stimoli (gli occhi) rispetto ad altri. L'abilità di seguire lo sguardo di un altro individuo si sviluppa nella prima infanzia (Johnson et al., 2015; Simion & Di Giorgio, 2015; De Pascalis et al., 2017) e costituisce la base dell'attenzione condivisa, che è cruciale per la comunicazione interattiva tra il neonato e il *caregiver* e per l'apprendimento del linguaggio (Salley et al., 2016; Eggebrecht et al., 2017).

Nel corso dei mesi, il bambino scopre che queste due forme ovali (gli occhi) possono essere utilizzate per ottenere informazioni altrimenti inaccessibili, per imparare i nomi degli oggetti, per scoprire i segreti contenuti nelle altre menti e per

esplorare l'ambiente circostante (Frischen et al., 2007). L'ambiente naturale presenta al bambino piccolo un flusso dinamico di oggetti, azioni ed eventi ed è principalmente caratterizzato da persone che si muovono, parlano, svolgono attività diverse e spesso interagiscono direttamente con il bambino. Le attività quotidiane forniscono una fonte ricca di informazioni per il neonato sulle contingenze sociali, sul sé e sulle *affordance* salienti derivanti dall'alimentazione, dal sonno e dal gioco (Cohen & Salapatek, 2013; Calkins, 2015).

Cosa recepisce il bambino da questa gamma diversa di stimolazioni? Cosa è più saliente e cosa è meno saliente?

Per i neonati con sviluppo tipico (*Typical Development* – TD), i volti hanno un significato particolare e forniscono informazioni non verbali molto importanti per la comunicazione e la sopravvivenza (Rosa-Salva et al., 2010; Campatelli et al., 2013). Fin dai primi giorni di vita, il neonato interagisce con il mondo circostante attraverso il volto della madre o di un adulto di riferimento ricevendo continue stimolazioni affettive ed intellettive che facilitano il suo sviluppo cognitivo, emotivo/affettivo e sociale (De Pascalis et al., 2017). A circa otto settimane di età, emerge una preferenza per i volti piuttosto che per altri stimoli presenti nel campo visivo centrale (Merin et al., 2007). In un recente studio longitudinale sui cambiamenti evolutivi della scansione dei volti durante delle registrazioni video madre-bambino, Hunnius e Geuze (2004) hanno rilevato che la percentuale di tempo in cui i bambini guardano la bocca della madre aumenta del 39,98% dalle sei alle ventisei settimane (Hunnius & Geuze, 2004).

Tra il primo e il secondo mese di vita, i neonati con TD mostrano una rapida crescita dell'attenzione visiva sostenuta e un cambiamento nel modo con cui scansionano visivamente un volto. Alcune ricerche hanno riscontrato chiare preferenze

per il volto umano già intorno ai 2-3 mesi (Perra & Gattis, 2010, 2012; Cohen & Salapatek, 2013; Calkins, 2015). Intorno ad un mese, il neonato guarda maggiormente alcune parti periferiche del volto (mento, capelli); a 2 mesi, inizia ad esplorare le parti centrali (occhi, bocca) e guarda più a lungo un volto dinamico (in movimento) rispetto ad uno statico (fermo). A 4 mesi, i neonati riconoscono maggiormente un volto in posizione verticale, piuttosto che un volto a testa in giù (Cohen & Salapatek, 2013; Calkins, 2015).

Grazie a queste abilità esplorative, il bambino intorno ai 6 mesi è in grado di riconoscere il viso di una persona anche quando cambia espressione o si presenta di profilo, mostrando le prime preferenze per alcuni volti considerati “attraenti” (Merin et al., 2007). Intorno al primo anno di vita, inoltre, i neonati sono in grado di astrarre la direzione dello sguardo, la mimica facciale e le espressioni emotive. Queste abilità precoci, in particolare l'attenzione e la risposta allo sguardo, sono fondamentali per favorire l'attenzione congiunta e l'orientamento sociale (Salley et al., 2016; Eggebrecht et al., 2017). Alcuni studi hanno dimostrato che lo sguardo è in grado di modulare alcuni aspetti dell'elaborazione dei volti, quali la velocità e l'accuratezza del riconoscimento (Cohen & Salapatek, 2013; Calkins, 2015).

Inoltre, i neonati sono molto bravi a discriminare tra le rappresentazioni statiche di volti familiari e quelle appartenenti a volti estranei. Nel primo mese di vita, riescono a discriminare tra un'immagine statica del volto della madre e quella di uno sconosciuto e tra le immagini di due sconosciuti (Cohen & Salapatek, 2013). Inoltre, sono abili a discriminare tra i volti dal vivo e quelli che si osservano nei video, tra cui il volto della madre rispetto a quello di un estraneo o il volto della madre rispetto a quello del padre. Dall'età di 3 mesi, i neonati sono anche in grado di discriminare tra

un'immagine in primo piano del proprio volto e quella di un altro bambino della stessa età nel corso di video statici e di video in movimento (Cohen & Salapatek, 2013; Calkins, 2015).

Per quanto riguarda gli stimoli non sociali, il neonato, intorno ai 2 mesi, inizia a riconoscere gli oggetti come entità unitarie distinte dallo sfondo. Alcune ricerche hanno evidenziato che il bambino inizia a cogliere la costanza di forma intorno ai 3 mesi; la costanza di grandezza, invece, sembra delinarsi intorno ai 4-5 mesi (Cohen & Salapatek, 2013; Calkins, 2015). I bambini sono in grado di rilevare meglio la forma effettiva di un oggetto quando si muove piuttosto che quando è fermo e possono astrarre la forma comune di un oggetto che compie vari tipi di movimenti (Cohen & Salapatek, 2013; Calkins, 2015). Inoltre, i neonati astraggono informazioni anche sulla sostanza e sulla composizione dell'oggetto, sulla permanenza, sulla causalità, sulla modifica della distanza, sull'effetto umano e sul sé (Cohen & Salapatek, 2013; Calkins, 2015).

Questo corpus di ricerche ha generato importanti intuizioni sullo studio dell'attenzione e dell'apprendimento percettivo nei primi tre anni di vita dei soggetti con sviluppo tipico. Un'ipotesi ampiamente condivisa dalla comunità scientifica è che la mancanza di attenzione o di interesse verso gli stimoli, specialmente quelli sociali (volti), nei primi anni di vita possa interferire con l'emergere di quelle reti cerebrali che mediano lo sviluppo tipico delle competenze socio-comunicative (ad esempio il linguaggio e le abilità di mentalizzazione) causando l'emergenza di comportamenti atipici presenti in alcune patologie del neurosviluppo (Chevallier et al., 2012). Nello specifico, nella presente tesi sarà preso in esame il caso dell'autismo (*Autism Spectrum Disorder* – ASD).

1.2 Attenzione visiva ed elaborazione degli stimoli nello sviluppo atipico:

l'Autismo

Come viene evidenziato nel DSM-5 (APA, 2013), le caratteristiche fondamentali del Disturbo dello Spettro Autistico sono (a) la presenza di uno sviluppo notevolmente anomalo o deficitario dell'interazione sociale e della comunicazione e (b) la presenza di attività/interessi/comportamenti ristretti e stereotipati (APA-DSM-5, 2013). Le manifestazioni del disturbo variano ampiamente in base al livello di sviluppo (QS) e all'età cronologica del soggetto. Nella maggior parte dei casi, la diagnosi di ASD è associata al ritardo mentale, solitamente di entità moderata. Circa il 75% dei bambini con ASD presenta anomalie nello sviluppo cognitivo. Quest'ultimo appare irregolare, a prescindere dal livello generale di intelligenza (Fabio, 2009). Inoltre, i soggetti con ASD presentano una vasta gamma di sintomi comportamentali, quali iperattività, impulsività, aggressività e scarso mantenimento dell'attenzione. In merito a quest'ultimo aspetto che rappresenta l'oggetto di studio della presente tesi, la comunità scientifica ha utilizzato diverse metodologie (videotape di interazioni adulto-bambino e eye-tracking) per indagare l'attenzione visiva nei soggetti con ASD (Chawarska et al., 2013; Falck-Ytter et al., 2013; Guillon et al., 2014; Chita-Tegmark, 2016).

Considerando che l'autismo di solito non è diagnosticato prima dell'età di tre anni, l'individuazione dei sintomi prodromici sul disturbo è stata valutata metodologicamente attraverso studi retrospettivi che si sono serviti di video di interazione (Chawarska et al., 2013). Il vantaggio di questa metodologia è quello di fornire una misura diretta ed ecologica del deficit di orientamento sociale presente nei soggetti con ASD. Tuttavia, presenta alcuni limiti importanti, tra cui variazioni del

setting e scarsa accuratezza della stima di ciò che il soggetto guarda e per quanto tempo (Guillon et al., 2014).

In tempi più recenti, alcune ricerche, considerando i movimenti oculari come indici di percezione e di attenzione, hanno indagato questi processi cognitivi sfruttando le potenzialità di una tecnologia molto sofisticata, quale l'eye-tracker (Yamamoto et al., 2017). Si tratta di uno strumento che consente ai ricercatori di misurare con grande precisione e accuratezza ciò che il soggetto sta guardando e per quanto tempo e fornisce, inoltre, il giusto equilibrio tra validità ecologica e vincoli metodologici (Yamamoto et al., 2017). Questa metodologia si configura, dunque, come un metodo unico per individuare e caratterizzare le sottili variazioni dell'attenzione visiva spontanea dei soggetti con ASD (Falck-Ytter et al., 2013; Guillon et al., 2014; Chita-Tegmark, 2016). Inoltre, può essere utilizzata con tutte le popolazioni (dai neonati agli adulti) e indipendentemente dal livello di funzionamento verbale e non-verbale (Guillon et al., 2014).

Qui di seguito sono riportati alcuni studi comportamentali che, servendosi di metodologie diverse, hanno indagato il deficit di attenzione visiva presente nell' ASD verso diverse categorie di stimoli, quali: stimoli sociali, stimoli non sociali, stimoli statici, stimoli dinamici, stimoli astratti (figure geometriche) e stimoli reali (ecologici-naturalistici).

1.2.1 Studi comportamentali con stimoli sociali statici e dinamici

Poiché l'elaborazione degli stimoli sociali è una componente essenziale dello sviluppo sociale, in particolare per quanto riguarda l'interpretazione dello stato

emotivo di un altro individuo, un crescente numero di ricerche si è concentrato sulla comprensione di queste difficoltà nei soggetti con ASD.

Secondo alcuni studi che hanno utilizzato campioni di bambini in età precoce, i soggetti con ASD, rispetto ai soggetti con TD, mostrano un'attenzione ridotta verso gli stimoli sociali (volti) (Shic et al., 2011; Coffman et al., 2011; Chawarska et al., 2013). Nell'esaminare un volto nuovo, i bambini con ASD presentano modelli di scansione atipica e impiegano più tempo per riconoscere ed integrare le varie parti del volto (Chawarska & Shic, 2009; Webb et al., 2010). In un recente studio, Di Giorgio, Frasnelli, Salva, Scattoni, Puopolo, Tosoni, Simion e Vallortigara (2016) hanno indagato per la prima volta le predisposizioni dei neonati a rischio di ASD di prestare attenzione agli stimoli sociali (Di Giorgio et al., 2016). Gli studiosi hanno valutato se le predisposizioni innate di prestare attenzione a più classi di stimoli sociali fossero diverse tra i neonati ad alto rischio (*High Risk* - HR) e a basso rischio (*Low Risk* - LR) di ASD. Dai risultati emerge che, le predisposizioni dei neonati a prestare attenzione agli stimoli sociali (volti) differiscono tra i soggetti HR e LR. La differenza principale è che i soggetti HR, rispetto ai soggetti LR, prestano più attenzione (in termini di percentuale di preferenza visiva e di numero di fissazioni) al volto in cui le componenti (occhi e bocca) sono invertite. Questi risultati sono sorprendenti perché forniscono la prima evidenza che le alterazioni dei meccanismi di orientamento, deputati all'attenzione visiva dei neonati verso gli stimoli sociali, siano presenti già in età precoce nei soggetti HR di ASD (Di Giorgio et al., 2016). Alla luce di questi risultati, gli studiosi hanno ipotizzato che il meccanismo sottocorticale di orientamento verso gli stimoli sociali sia intatto fin dalla nascita, e, che fino a 2 mesi i neonati HR di ASD seguirebbero una traiettoria di sviluppo tipico con una regressione successiva. Inoltre,

sembrerebbe che nei soggetti HR di ASD non si verifichi la transizione tipica e normativa dell'attenzione visiva sociale dal controllo sottocorticale a quello corticale (Di Giorgio et al., 2016).

Un altro studio molto interessante è quello di Hanley, McPhillips, Mulhern e Riby (2013). Gli studiosi, servendosi di un campione di soggetti più grandi (adolescenti e adulti), hanno riportato risultati differenti in base alla tipologia degli stimoli utilizzati. Nello specifico, Hanley e coll. (2013) hanno utilizzato stimoli sociali presentati isolatamente e stimoli sociali inseriti all'interno di scene sociali. Dai risultati è emerso che i soggetti con ASD, al pari di quelli con TD, hanno mostrato una proporzione di tempo simile nel guardare il volto soltanto quando quest'ultimo era presentato singolarmente (Hanley et al., 2013). Nella condizione in cui il volto era inserito all'interno di una scena sociale, il tempo di osservazione dei soggetti con ASD era nettamente minore (Hanley et al., 2013). Per cui, è possibile che l'utilizzo di più stimoli sociali aumenti la probabilità che i soggetti con ASD guardino di meno i volti rispetto ai soggetti con TD. Le ricerche future dovrebbero esaminare ulteriormente l'influenza del contenuto sociale (volti) sul tempo di osservazione dei soggetti con ASD variando sistematicamente il numero di stimoli (più persone) e il contesto in cui interagiscono (ad esempio, due o più persone che interagiscono vs. persone che non interagiscono tra loro) (Birmingham et al., 2008).

In quest'ottica si colloca lo studio di Chevallier, Parish-Morris, McVey, Rump, Sasson, Herrington e Schultz (2015). In questa ricerca, gli studiosi hanno confrontato l'attenzione verso gli stimoli sociali in tre diverse condizioni: 1) esplorazione visiva di stimoli statici (12 matrici contenenti 12 immagini statiche di oggetti e di volti che differivano per dimensione e complessità); 2) esplorazione visiva di stimoli dinamici

(12 matrici contenenti video clip di persone ed oggetti) e 3) esplorazione visiva interattiva (22 video di bambini che giocano con alcuni oggetti seduti al tavolo o sul pavimento). Confrontando i due gruppi di soggetti (ASD vs TD), lo studio ha indagato l'impatto del tipo di stimolo (statico, dinamico e interattivo) sulle capacità del compito di catturare l'attenzione e ha stimato l'efficacia dei vari tipi di stimoli per le differenze tra i gruppi. Il confronto dei tre esperimenti di eye-tracking ha rivelato che le differenze di attenzione nei soggetti con ASD erano più evidenti quando questi ultimi guardavano gli stimoli sociali dinamici presenti durante l'interazione. Inoltre, per quanto riguarda le differenze tra i gruppi, i dati hanno evidenziato una diversa attenzione visiva nel compito di esplorazione visiva - interattiva tra i due gruppi di soggetti (Chevallier et al., 2015).

In linea con l'idea che nella realtà gli stimoli sociali si presentano in forma dinamica, altri studi di *eye-tracking* hanno esaminato le risposte attentive dei bambini con ASD verso questa tipologia di stimoli. Ad esempio, Shic, Bradshaw, Klin, Scassellati & Chawarska (2011), servendosi di un video di interazione adulto-bambino, hanno valutato le risposte attentive in tre gruppi soggetti (28 ASD, 34 TD e 16 DD- *Developmental Delay*) con un età media di 20 mesi. I risultati hanno rilevato che, quando i bambini con ASD osservavano il video di interazioni genitore-bambino (impegnate in semplici giochi sociali o in un'attività condivisa) si sono concentrati principalmente sullo sfondo piuttosto che sull'attività. Inoltre, da una analisi più approfondita è emerso che, quando i soggetti con ASD hanno guardato le persone presenti nella scena, si sono concentrati maggiormente sui corpi, piuttosto che sui volti delle persone (Shic et al., 2011). Secondo gli studiosi, è probabile che i soggetti con ASD abbiano attribuito una scarsa salienza agli aspetti sociali della scena. Questo dato

concorda con altri studi presenti in letteratura secondo i quali, per i soggetti con ASD, gli stimoli sociali non rappresentano una categoria “speciale” di stimoli, come accade invece nello sviluppo tipico (Campatelli et al., 2013).

Questi primi risultati hanno modificato il modo di comprendere i cambiamenti evolutivi dell’attenzione verso gli stimoli sociali nei bambini con ASD e si spera che la diagnosi fatta prima dei 3 anni possa fornire alcune informazioni sulla variabilità delle risposte attentive tipiche dei soggetti con ASD in età precoce (Elsabbagh et al., 2013).

1.2.2 Studi comportamentali con stimoli sociali e stimoli non sociali

In un recente studio, Elsabbagh, Gliga, Pickles, Hudry, Charman e Johnson (2013a) hanno esaminato un gruppo di bambini a rischio ASD e un gruppo di bambini non a rischio (senza storia familiare di ASD) attraverso un compito di esplorazione visiva in cui erano presenti stimoli non sociali (oggetti) e stimoli sociali (volti). Il compito di eye-tracking è stato somministrato in due fasi: la prima intorno ai sette mesi e la seconda intorno ai quattordici mesi di età. In questo compito, ai soggetti sono state presentate delle matrici contenenti 5 stimoli appartenenti a diverse categorie (animale, strumento tecnologico, mezzo di trasporto, un volto “nitido” e un volto “sfocato” (*scrambled*). Per quanto riguarda la lunghezza delle fissazioni, gli stimoli sociali (volti) sono stati osservati per un tempo maggiore rispetto agli stimoli non sociali (oggetti) e nello specifico, i bambini hanno guardato più a lungo i volti “nitidi” rispetto a quelli sfocati. I risultati suggeriscono che, similmente agli altri gruppi, i neonati che in seguito sviluppano ASD mostrano una chiara risposta di attenzione verso i volti.

Inoltre, i bambini a rischio ASD, rispetto ai bambini del gruppo di controllo, hanno la tendenza a guardare solo alcuni stimoli della matrice; questo dato è più evidente all'inizio del secondo anno e a prescindere dagli esiti clinici valutati a 3 anni. Infine, contrariamente ad alcune ipotesi attuali, quei bambini che in seguito hanno sviluppato ASD erano ugualmente attenti alle facce rispetto ai bambini di 7 mesi non a rischio. In realtà, i neonati con una vulnerabilità familiare di ASD tendevano ad essere più attenti ai volti nel periodo di sviluppo iniziale (Elsabbagh et al., 2013a).

In questo filone di ricerca che ha indagato il deficit di attenzione dei soggetti con ASD in età precoce, si collocano anche gli studi di Chawarska, Macari e Shic (2012, 2013). Per analizzare i fattori responsabili del deficit attentivo nei soggetti con ASD, gli studiosi hanno utilizzato alcuni video in cui erano presenti stimoli sociali (linguaggio e sguardo di un adulto diretti al bambino) e stimoli non sociali (giocattoli distrattori). Il campione, costituito da tre gruppi (ASD, TD e DD), è stato sottoposto alla visione di un video di 3 minuti che riprendeva un adulto in un ambiente contenente quattro giocattoli (posizionati ai 4 angoli del video) e un tavolo dove erano riposti tutti gli ingredienti per fare un panino. Il video conteneva quattro tipi di attività (condizioni): “Gioco diadico”, “Preparazione del panino”, “Attenzione condivisa” e “Giocattoli in movimento”. Tra tutte le quattro condizioni, la condizione di “Gioco diadico” ha prodotto maggiori differenze tra i soggetti con ASD e gli altri due gruppi; in particolare, i bambini con ASD hanno prestato un’attenzione limitata agli stimoli sociali (faccia, bocca e occhi del parlante/adulto) concentrandosi, invece, sugli stimoli non sociali (giocattoli) e sul tavolo dove erano riposti gli ingredienti per fare i panini. Questi risultati non concordano con lo studio di Elsabbagh e coll. (2013a). Probabilmente, nell’esperimento di Chawarska e coll. (2012, 2013), la scarsa

attenzione ai volti sembrava dipendere dal contesto ed era legata principalmente alla presenza di stimoli espliciti che comparivano durante il gioco diadico. Un'altra ipotesi suggerirebbe che il linguaggio e lo sguardo dell'attrice diretti al bambino non siano riusciti ad attirare e trattenere l'attenzione dei soggetti con ASD. Il volto dell'attrice era dinamico e in alcuni momenti si rivolgeva direttamente allo spettatore richiamando la sua attenzione (faceva domande); questo probabilmente ha aumentato il tempo di osservazione del volto nei soggetti con TD. Al contrario, la mancanza di intenzione comunicativa presente nei volti statici utilizzati nello studio di Elsabbagh e coll. (2013a) potrebbe aver ridotto il tempo di osservazione del volto nei soggetti con TD; questo, di conseguenza, non ha consentito agli studiosi di rilevare differenze tra i gruppi (Elsabbagh et al., 2013a). Sebbene questi studi debbano essere replicati, essi suggeriscono che 1) la scarsa attenzione ai volti non può essere generalizzata in tutti i contesti ma probabilmente emerge durante alcune situazioni sociali complesse e di fronte a stimoli specifici (statico vs dinamico) e che 2) non tutti i bambini a rischio ASD mostrano una scarsa attenzione in queste situazioni (Elsabbagh et al., 2013a; Campbell et al., 2014).

Un altro dato molto interessante deriva da quegli studi che hanno indagato le risposte attentive dei soggetti con ASD considerando la salienza degli stimoli. In questo caso specifico, esemplare è lo studio di Sasson e Touchstone (2014). Gli studiosi, utilizzando stimoli sociali (volti) e stimoli non sociali (oggetti appartenenti ad interessi circoscritti vs oggetti di uso comune), hanno riscontrato nei soggetti con ASD un tempo minore di fissazione sul volto soltanto quando quest'ultimo era associato ad un oggetto appartenente ad un interesse circoscritto (altamente saliente). Inoltre, gli studiosi hanno valutato l'orientamento ai volti calcolando la latenza

necessaria intercorsa prima di fissare il volto. Dai risultati, emerge che i bambini con ASD hanno mostrato una latenza superiore rispetto a quella dei soggetti con TD soltanto quando il volto era accoppiato ad un oggetto correlato ad un interesse circoscritto (altamente saliente). Nella condizione in cui il volto era presentato insieme ad un oggetto non correlato agli interessi circoscritti, non è stata riscontrata nessuna differenza tra i due gruppi (Sasson & Touchstone, 2014).

1.2.3 Studi comportamentali con figure geometriche

Un altro corpus di ricerche che ha generato risultati molto interessanti è quello relativo allo studio dell'attenzione dei soggetti con ASD verso stimoli "astratti", quali le figure geometriche (Pierce et al., 2011, 2015; Shi et al., 2015; Shaffer et al., 2017). Ad esempio, Pierce, Conant, Hazin, Stoner e Desmond (2011, 2015) hanno ipotizzato nei soggetti con ASD a) un tempo più lungo di fissazione per gli stimoli geometrici piuttosto che per quelli sociali; b) una preferenza verso gli stimoli geometrici presente già in tenera età (a partire dal primo anno) e c) una riduzione del numero di saccadi durante la scena visiva. Per verificare queste ipotesi, gli studiosi hanno sviluppato un paradigma di preferenza visiva che esaminava il tempo di osservazione verso stimoli sociali altamente salienti (ad es. bambini che ballano o che fanno yoga) confrontati con immagini geometriche altrettanto salienti (ad es. il movimento circolare e ripetitivo di alcuni cerchi concentrici). Per questo studio, sono stati reclutati bambini dai 14 ai 42 mesi; è stata scelta quest'ampia fascia d'età per stimare i cambiamenti della preferenza visiva verso gli stimoli geometrici nel corso dello sviluppo. Inoltre, in questa ricerca è stato incluso un gruppo di bambini con DD con lo scopo di esaminare

il grado in cui i modelli di preferenza visiva siano legati maggiormente ad un ritardo del linguaggio o ad un ritardo cognitivo piuttosto che alla patologia in sé. Dai risultati, è emerso che i bambini a rischio ASD (14 mesi) hanno trascorso più tempo nell'esaminare le immagini geometriche dinamiche rispetto ai soggetti con TD e con DD. Questo fenomeno, però, non è stato ubiquitario nel campione dei soggetti a rischio ASD; nello specifico, il 40% ha preferito gli stimoli geometrici, mentre il 60% ha avuto prestazioni simili agli altri due gruppi (TD e DD) per quanto riguarda gli stimoli sociali dinamici. Quindi, secondo Pierce e coll. (2011), la preferenza per gli stimoli geometrici non può essere associata ad un ritardo cognitivo generale poiché non c'è una relazione tra QI e tempo di fissazione nel gruppo con ASD. Inoltre, i risultati hanno rilevato che soltanto coloro che preferivano gli stimoli geometrici hanno mostrato un numero ridotto di saccadi. Perciò, questa riduzione era evidente soltanto quando i soggetti con ASD osservavano gli stimoli geometrici preferiti; invece, quando i soggetti guardavano gli stimoli sociali, il numero di saccadi aumentava (Pierce et al., 2011). Qualche anno dopo, Pierce, Marinero, Hazin, McKenna, Barnes e Malige (2015) hanno indagato la preferenza per gli stimoli geometrici nei soggetti con ASD servendosi, rispetto allo studio precedente (Pierce et al., 2011), di un campione più ampio (444 soggetti) e variegato (ASD, a rischio ASD, DD, TD e altre condizioni mediche). Dai risultati, è emerso che i bambini con ASD, che preferivano gli stimoli geometrici, hanno mostrato scarse competenze cognitive, linguistiche e sociali rispetto ai soggetti con ASD che preferivano gli stimoli sociali; inoltre, durante il compito di preferenza visiva per gli stimoli geometrici, i soggetti con ASD hanno esibito un numero minore di saccadi (Pierce et al., 2015).

In opposizione a questi risultati, Shi, Zhou, Ou, Gong, Wang, Cui, e Luo (2015) hanno dimostrato nella loro ricerca che gli stimoli utilizzati da Pierce e coll. (Pierce et al., 2011, 2015) con soggetti di 2-3 anni non erano adeguati con soggetti in età avanzate (4-6 anni). Per confermare questa ipotesi, hanno somministrato gli stimoli usati da Pierce e coll. (2011, 2015) ad un campione di bambini in età prescolare. Dai risultati ottenuti, non sono emerse differenze statisticamente significative tra i due gruppi (ASD vs TD). Invece, quando lo stesso gruppo di soggetti (bambini in età prescolare) è stato esposto a stimoli sociali più complessi (bambini impegnati ad interagire e a giocare tra loro), gli studiosi hanno riscontrato un'attenzione ridotta verso gli stimoli sociali più complessi e una maggiore attenzione verso gli stimoli dinamici non sociali (*pattern* geometrici e lettere) (Shi et al., 2015).

In una recente ricerca, Shaffer, Pedapati, Shic, Gaietto, Bowers, Wink e Erickson (2017) hanno indagato le risposte attentive in un gruppo di soggetti con ASD di diverse fasce di età (dai 5 ai 17 anni). Il compito prevedeva due condizioni: stimoli dinamici sociali (scene dinamiche di interazione sociale) vs stimoli dinamici non sociali (forme geometriche dinamiche). I risultati di questa ricerca hanno confermato ciò che è emerso negli studi precedenti (Shi et al., 2015, Pierce et al., 2015). Nello specifico, è stato rilevato che le diverse risposte attentive dei soggetti con ASD verso gli stimoli sociali (scene dinamiche di interazione sociale) e non sociali (forme geometriche dinamiche) sono presenti anche in età successive (Chita-Tegmark, 2016; Shaffer et al., 2017).

Riassumendo, la varietà degli studi presentati e dei risultati ottenuti fornisce numerose interpretazioni del deficit di attenzione visiva dei soggetti con ASD di fronte a diverse categorie di stimoli.

Come già evidenziato, le ragioni di questa attenzione ridotta non sono ancora chiare. È possibile che i soggetti con ASD guardino di meno gli stimoli sociali perché non sono abbastanza motivanti (Shic et al., 2011; Chevallier et al., 2015) oppure perché non sono una priorità nel loro sistema attentivo (Chawarska et al., 2010). Inoltre, è probabile che l'attenzione limitata agli stimoli sociali (Shic et al., 2011; Coffman et al., 2011; Chawarska et al., 2013) sia il risultato diretto di una maggiore salienza degli stimoli non sociali (Sasson & Touchstone, 2014; Pierce et al., 2011, 2015; Shi et al., 2015; Shaffer et al., 2017). Nonostante questi risultati, altri studi hanno suggerito che i deficit di base nell'autismo non possano essere ascritti a differenze di orientamento sociale ma che provengano dalle prime difficoltà generali nel controllo dell'attenzione visiva; questi ultimi, a loro volta, potrebbero causare problemi di autoregolazione e compromettere l'acquisizione delle abilità necessarie per l'elaborazione degli stimoli (Elsabbagh & Johnson, 2007; 2010; Elsabbagh et al., 2013a; Elsabbagh et al., 2013b; Sacrey et al., 2013). Inoltre, non è chiaro, ad esempio, se le difficoltà presenti nei soggetti con ASD siano dovute alla ridotta capacità di individuare e dare priorità all'elaborazione degli stimoli sociali, oppure se dipendano da alcune caratteristiche degli stimoli, come ad esempio la complessità. Poiché tali deficit di attenzione visiva non sono né universali né specifici per l'autismo, la presenza di un deficit aspecifico di esplorazione visiva degli stimoli socialmente rilevanti potrebbe essere una condizione necessaria ma non sufficiente per l'emergenza dell'autismo. Infatti, il deficit sarebbe aggravato e amplificato dalla presenza di difficoltà di attenzione visiva presenti nelle fasi iniziali di elaborazione dell'input visivo (Elsabbagh & Johnson, 2007; 2010; Elsabbagh et al., 2013a; Elsabbagh et al., 2013b). Le differenze dell'esplorazione visiva si tradurrebbero, quindi, in una

diminuzione degli input verso gli stimoli socialmente rilevanti, mentre un problema relativo alla flessibilità dell'attenzione tra i diversi stimoli si tradurrebbe in una "fissazione" su alcuni aspetti (appartenenti a interessi ristretti e circoscritti) (Elsabbagh & Johnson, 2016).

1.3 Attenzione nello sviluppo atipico: studi di *neuroimaging*

Numerosi studi di *neuroimaging* (fMRI) hanno offerto notevoli opportunità per comprendere le basi neurobiologiche del processamento degli stimoli sociali (volti) e non sociali (oggetti) nei soggetti con ASD (Campatelli et al., 2013; Weisberg et al., 2014; Hernandez et al., 2015; Joseph et al., 2015).

Per quanto riguarda gli stimoli sociali, alcune ricerche condotte mediante il confronto tra l'attivazione di regioni cerebrali normalmente attive nei soggetti con TD con quella "eventualmente alterata" nei soggetti con ASD, hanno riscontrato durante compiti di elaborazione dei volti un'attivazione anomala in alcune aree cerebrali, quali l'amigdala (Hadjikhani et al., 2007; Corbett et al., 2009), la corteccia visiva (Dalton et al., 2005), la corteccia frontale inferiore (Bookheimer et al., 2008; Kleinhans et al., 2010), il giro temporale superiore (Hadjikhani et al., 2007; Humphreys et al., 2008; Scherf et al., 2010), l'area occipitale (Humphreys et al., 2008) e il giro fusiforme, nello specifico l'area fusiforme (Elsabbagh et al., 2007; Corbett et al., 2009; Scherf et al., 2010) (Figura 1).

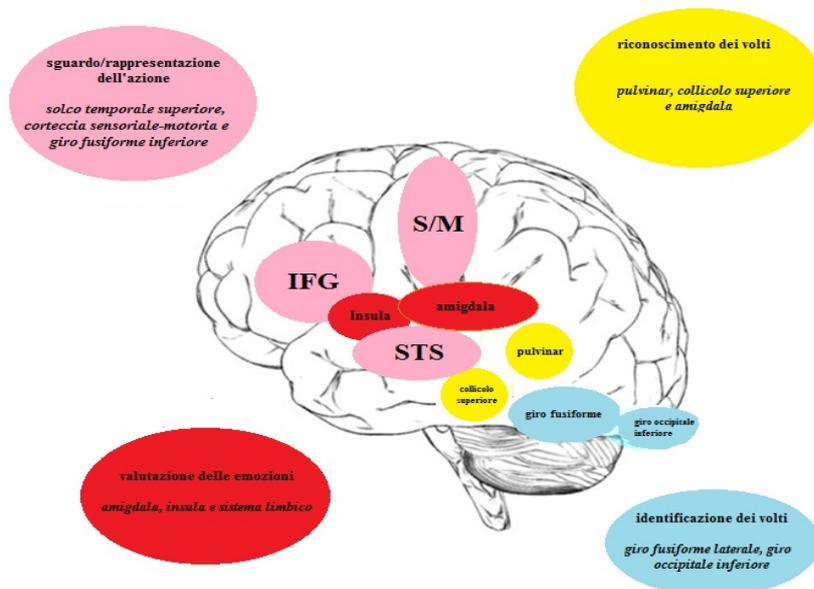


Figura 1 - Aree corticali e sottocorticali coinvolte nell'elaborazione degli stimoli sociali (in Campatelli et al., 2013)

In relazione a quest'ultima area cerebrale, gli studi presenti in letteratura hanno riportato risultati contrastanti. Secondo alcune ricerche, i soggetti con ASD di fronte a stimoli sociali mostrano un'*ipoattivazione* dell'area fusiforme (Campatelli et al., 2013). Questo dato suggerisce che i soggetti con ASD non elaborano i volti come una categoria "speciale" di stimoli (nel loro significato umano), bensì come se fossero degli oggetti (Koshino et al., 2008; Minshew & Keller, 2010; Campatelli et al., 2013).

Dai risultati di altri studi, emerge, invece, un'*ipoattivazione* dell'area fusiforme *soltanto* di fronte a compiti specifici (Jemel et al., 2006; Hadjikhani et al., 2007; Bookheimer et al., 2008; Koshino et al., 2008; Pierce & Redcay 2008; Kleinhans et al., 2009). Ad esempio, Jemel, Mottron e Dawson (2006) hanno riscontrato un'attivazione dell'area fusiforme soltanto di fronte a stimoli salienti, come ad esempio

volti familiari, volti di coetanei e volti di personaggi dei cartoni preferiti (Jemel et al., 2006).

Altri studi non hanno riportato differenze di attivazione dell'area fusiforme tra il gruppo dei soggetti con ASD e il gruppo dei soggetti con TD (Pierce & Redcay 2008; Uddin et al., 2008). Nello specifico, Pierce e Redcay (2008), servendosi di volti familiari e non familiari di bambini e di adulti, hanno rilevato in entrambi i gruppi (ASD vs TD) una normale attivazione dell'area fusiforme in risposta a questa tipologia di stimoli (i volti familiari di bambini e di adulti). Le differenze tra i gruppi emergono, invece, di fronte ai volti non familiari degli adulti. Infatti, durante l'esposizione dei soggetti con ASD agli stimoli non familiari, è stata rilevata una riduzione dell'attività della corteccia cingolata anteriore e posteriore. Probabilmente, un deficit specifico nell'elaborazione dei volti non familiari potrebbe essere il risultato di una minore attenzione o di uno scarso interesse dei soggetti con ASD di fronte a questa tipologia di stimoli (Pierce & Redcay, 2008).

Un altro filone di ricerca ha rintracciato, invece, un'*iperattivazione* dell'area fusiforme (Hubl et al., 2003; Humphreys et al 2008, Koshino et al., 2008). In questi studi, è emerso che un'*iperattivazione* della via corticale può rendere deficitaria l'elaborazione visiva dei volti. Questi risultati, oltre a riflettere la presenza di diverse strategie di elaborazione visiva nei soggetti con ASD, confermano quelle teorie che affermano che nell'autismo ci sia un'elaborazione "locale" delle informazioni, piuttosto che globale.

Nonostante questi risultati contrastanti, l'ipoattivazione o l'*iperattivazione* del sistema di elaborazione dei volti non può essere considerata un principio generale nei soggetti con ASD e i diversi risultati ottenuti negli studi potrebbero dipendere dai

differenti stimoli utilizzati (statici vs dinamici, sociali vs non sociali) (Di Martino et al., 2009; Weisberg et al., 2014). Ad esempio in un recente studio, Weisberg, Milleville, Kenworthy, Wallace, Gotts, Beauchamp e Martin (2014) hanno confrontato le risposte corticali dei soggetti con ASD con quelle dei soggetti con TD a diverse tipologie di stimoli, quali video e fotografie di persone e di oggetti vs forme geometriche semplici in movimento che raffiguravano interazioni sociali o meccaniche. In entrambi i compiti, gli studiosi hanno rintracciato maggiori differenze tra i gruppi (ASD vs TD) nella regione laterale del giro fusiforme destro, compresa l'area fusiforme del viso, in risposta a stimoli sociali dinamici piuttosto che statici (Weisberg et al., 2014).

Per quanto riguarda, invece, il processamento degli stimoli non sociali (oggetti), alcuni studi di *neuroimaging* hanno riportato nei soggetti con ASD prestazioni equivalenti o addirittura superiori nel riconoscimento degli oggetti di uso comune (Teunisse & De Gelder, 2003; Scherf et al., 2010; Wagner et al., 2013) ed una latenza più veloce (100 ms) delle risposte neurali nella corteccia extra striata destra (Kylliäinen et al., 2006). Tuttavia, lo studio di Pierce e Redcay (2008) ha rintracciato una minore attivazione del giro fusiforme destro per quanto riguarda il riconoscimento degli oggetti (Pierce & Redcay, 2008). Questo risultato non è stato confermato da altri studi successivi che, servendosi di un campione di soggetti con ASD in età adulta, hanno rilevato un'attivazione normale del giro fusiforme, della zona occipitale laterale e dell'area ippocampale durante l'esplorazione visiva di stimoli non sociali (Scherf et al., 2010).

In conclusione, data l'importanza e il peso che gli studi di *neuroimaging* hanno per la comprensione delle basi neurobiologiche relative al processamento degli stimoli

sociali e non sociali nell' ASD, le ricerche future dovrebbero tenere in considerazione i seguenti aspetti: a) utilizzare campioni più ampi di diverse fasce di età, con particolare riferimento ai bambini in età precoce (Di Giorgio et al., 2016); b) costruire compiti che tengano conto di diverse tipologie di stimoli (sociali, non sociali, statici, dinamici, ecologici, astratti); c) verificare i risultati ottenuti negli studi precedenti alla luce di nuove teorie che ipotizzano che l'autismo sia caratterizzato da una *connettività neurale atipica*, piuttosto che da atipie in alcune aree cerebrali (Lai et al., 2014; Elsabbagh & Johnson, 2016; Lewis et al., 2017).

Concettualizzare l'autismo come un disturbo caratterizzato da una connettività cerebrale atipica potrebbe essere un passo utile verso un approccio che tenga conto della grande eterogeneità dei percorsi eziopatogenetici e delle espressioni fenotipiche presenti nell' ASD.

II CAPITOLO

Attenzione e memoria di riconoscimento di figure geometriche semplici e complesse nei soggetti autistici: uno studio di eye-tracking

2.1 Preferenza verso forme curvilinee e rettilinee nello sviluppo tipico

Come evidenziato in letteratura, sin dai primi mesi di vita, gli individui mostrano una preferenza verso gli stimoli curvilinei e rotondeggianti (linee, forme, oggetti, ambienti architettonici) rispetto a quelli rettilinei e angolari (Westerman et al., 2012; Van Oel & Van Den Berkhof, 2013; Vartanian et al., 2013; Palumbo, Ruta & Bertamini, 2015; Salgado-Montejo et al., 2015; Bertamini et al., 2016; Gòmez-Puerto et al., 2016; Palumbo & Bertamini, 2016; Velasco et al., 2016; Cotter et al., 2017).

Le origini di questa preferenza e i meccanismi sottostanti sono a tutt'oggi oggetto di dibattito da parte della comunità scientifica (Gòmez-Puerto et al., 2016; Cotter et al., 2017).

Per quanto riguarda le origini, in letteratura sono stati distinti approcci evolucionistici (la preferenza è innata) e approcci culturali (la preferenza è il risultato dei processi di apprendimento) (Gòmez-Puerto et al., 2016).

Dagli studi che hanno utilizzato una prospettiva evolucionistica, è emerso che già nei primi mesi di vita (intorno ai 3-4 mesi), i bambini mostrano una preferenza spontanea verso diverse tipologie di stimoli curvilinei (linee, forme, oggetti/giocattoli) (Jadva, Hines & Golombok, 2010; Cohen & Salapatek, 2013). Questa preferenza è

stata rilevata anche in diverse culture (Gómez-Puerto et al., 2013) e in diverse specie (Munar et al., 2015). Inoltre, un altro dato molto interessante deriva dagli studi che hanno indagato la relazione tra le forme geometriche e le configurazioni facciali (Aronoff, 2006; Larson, Aronoff & Stearns, 2007). Ad esempio, Larson, Aronoff e Stearns (2007) hanno evidenziato che alcune figure, simili nella forma alle configurazioni facciali (volto=ovale), influenzano i processi attentivi e l'attribuzione di un significato semantico positivo o negativo (Cotter et al., 2017; Meinhardt-Injac et al., 2017). Nello specifico, in questo studio è stato rilevato che i soggetti hanno attribuito alle forme rettilinee (a forma di V) connotazioni emotive negative, mentre alle forme curvilinee, emozioni positive (Larson et al., 2007). Questi risultati indicano che la preferenza per le forme curvilinee potrebbe essere dovuta ad un'associazione radicata ed innata tra alcune configurazioni geometriche curvilinee e rettilinee e le espressioni emotive positive e negative (Larson et al., 2007; Gómez-Puerto et al., 2016; Bertamini et al., 2016; Cotter et al., 2017).

Per quanto riguarda gli approcci culturali, alcuni studi hanno riscontrato che la familiarità verso specifiche forme comporta sia un'elaborazione più semplice e veloce sia una preferenza verso quel determinato stimolo (Cotter et al., 2017). La preferenza per le forme curvilinee mediata dall'apprendimento e dall'esperienza culturale è stata rilevata in diversi studi. Ad esempio, Silvia e Barona (2009) hanno riscontrato che soltanto i soggetti esperti (specialisti nel settore) hanno preferito gli stimoli curvilinei rispetto a quelli rettilinei (Silvia & Barona, 2009). Questo dato indica che l'influenza dei fattori culturali nella preferenza degli stimoli curvilinei giochi un ruolo fondamentale (Gómez-Puerto et al., 2016).

Per quanto riguarda i meccanismi che sottostanno a questa preferenza, si distinguono approcci che fanno riferimento all'attività del sistema sensomotorio (movimenti oculari) e approcci che fanno riferimento ai processi di valutazione (Gómez-Puerto et al., 2016).

In base agli approcci relativi al funzionamento del sistema sensomotorio, la preferenza degli individui verso le forme curvilinee deriva dal modo in cui le proprietà fisiche degli stimoli curvilinei interagiscono direttamente con le caratteristiche specifiche del suddetto sistema (Gómez-Puerto et al., 2016). Da questo punto di vista, la preferenza per le linee/forme curvilinee è dovuta ad una sorta di accoppiamento naturale tra le caratteristiche percettive e i processi del sistema sensomotorio che sono attuati dalle configurazioni curvilinee. Questo quadro generale è stato sviluppato considerando tre meccanismi esplicativi: movimenti oculari, neurofisiologia del sistema visivo e i principi della *Gestalt* (Gallese, 2016; Gómez-Puerto et al., 2016).

Per quanto riguarda la prima prospettiva, secondo alcuni studi le linee/forme curvilinee sono percepite dall'individuo come qualcosa di "piacevole" poiché danno un senso di economia nell'impiego delle risorse e poiché sono semplici da osservare (Gómez-Puerto et al., 2016). Tuttavia, come rilevato da altri studi, quando gli occhi seguono una linea/forma curvilinea, i movimenti possono essere caratterizzati da rotture e pause, intervallati da brevi e rapidi spostamenti e seguiti da interruzioni improvvise (Gómez-Puerto et al., 2016). Quindi, una possibile alternativa potrebbe essere che la preferenza per le linee/forme curvilinee non sia legata ai movimenti oculari, bensì alla facilità e al comfort di certi movimenti del corpo (quando si spostano le braccia o le mani; durante specifiche attività) (Gómez-Puerto et al., 2016).

La preferenza per le linee/forme curvilinee è stata anche spiegata in termini di neurofisiologia del sistema visivo (El-Shamayleh & Pasupathy, 2016; Gómez-Puerto et al., 2016). Alcuni studi hanno rilevato che i neonati di una settimana fissano più a lungo le forme geometriche curvilinee rispetto a quelle rettilinee. Secondo gli studiosi, questa fissazione sulle forme geometriche curvilinee potrebbe dipendere da un insieme di cellule corticali, la cui attività aumenta di fronte alle linee/forme curvilinee (Gómez-Puerto et al., 2016; Belin et al., 2017).

All'interno della psicologia sperimentale, la preferenza per le linee/forme curvilinee è stata studiata facendo riferimento ad alcuni principi della *Gestalt*. Secondo il principio della buona continuazione, una curva è semplicemente una serie di punti fortemente raggruppati (Tonder & Spehar, 2013). Alcuni studi hanno evidenziato che la preferenza verso le linee/forme curvilinee derivi da alcune caratteristiche intrinseche che possono essere descritte come casi di buona continuazione o buona *Gestalt*. Questo dato indica che la preferenza per le linee/forme curvilinee e gli effetti organizzativi della Gestalt siano entrambe coinvolte nella fase iniziale e nella successiva organizzazione di modelli visivi complessi (Ruta et al., 2014). Un'altra spiegazione potrebbe essere legata al fenomeno "*takete/maluma*" (Ocelli et al., 2013). In base a questo fenomeno, gli individui associano le forme angolari alla parola "*takete*" e le forme curvilinee alla parola "*maluma*" (Makovac & Gerbino, 2010). Questa associazione è automatica e fa parte di una rete semantica che crea un collegamento con concetti piacevoli vs concetti sgradevoli (Ocelli et al., 2013; Milan et al., 2013).

A differenza dei diversi approcci basati sull'attività del sistema sensomotorio sopra indicati, gli approcci di valutazione, impliciti o espliciti, mostrano una forte consistenza e uniformità tematica, motivata dai primi risultati sulla valutazione

emotiva delle linee/forme rettilinee e curvilinee. Secondo alcuni studi, i soggetti associano le linee/forme curvilinee a termini positivi, come ad esempio “tranquille”, “dolci”, “graziose” e “scherzose”, mentre le linee/forme rettilinee sono considerate “agitate”, “dure” o “minacciose” (Belin et al., 2017; Cotter et al., 2017).

Tuttavia, il piacere e l'interesse sono risposte distinte e molte cose piacevoli non sono sempre interessanti per gli individui (Graf & Landwehr, 2015). Alcuni studi mostrano che il piacere e l'interesse rispondono in modo diverso ad alcune caratteristiche di basso livello degli stimoli, come la familiarità e la complessità. Per quanto riguarda la complessità degli stimoli geometrici, questa caratteristica è da tempo discussa in letteratura (pag. 52). Recentemente, Nadal, Munar, Marty e Cela-Conde (2010) hanno considerato la complessità in termini di: 1) quantità e varietà di elementi; 2) organizzazione degli oggetti e 3) asimmetria. Gli autori suggeriscono che questi tre tipi di complessità influenzano in maniera diversa i giudizi di piacere. Inoltre, secondo gli studiosi la relazione irrisolta tra la complessità e il piacere è dovuta principalmente alle differenze nella concezione, nella manipolazione e nella misura della complessità (Nadal et al., 2010). Pertanto, ci sono diversi modi per concepire, manipolare e misurare la complessità. Ad esempio, in un recente studio, Bertamini, Palumbo, Gheorghes e Galatsidas (2016) hanno calcolato la complessità di alcune forme geometriche tenendo in considerazione due parametri: l'articolazione (intesa come un insieme di punti nel piano, in modo che il prodotto delle distanze sia costante; Cassini, 1680; cit in Bertamini et al., 2016) e la forma (curvilinea vs rettilinea). Dai risultati della ricerca, è emerso che in generale i soggetti hanno preferito le forme geometriche curvilinee rispetto a quelle rettilinee. Per quanto riguarda la complessità, le forme geometriche rettilinee sono state giudicate più complesse rispetto a quelle

curvilinee. Secondo gli studiosi, questo risultato è dovuto ad una diversa articolazione e ad un “ambiguo” orientamento delle forme rettilinee. Probabilmente, la mancanza di un chiaro orientamento ha reso le forme più complesse (Bertamini et al., 2016). Inoltre, sembra che gli individui abbiano un senso di ciò che appare complesso che non è correlato alla quantità di informazioni necessarie per codificare la forma. Per quanto riguarda lo scopo originale della ricerca, gli studiosi hanno concluso che non esiste alcuna correlazione tra preferenza e complessità percepita (Bertamini et al., 2016).

Secondo altre ricerche, la complessità degli stimoli incide anche sulla memorizzazione di questi ultimi (Huhmann, 2003; Pallett & MacLeod, 2011; Hyde et al., 2016). Nello specifico, alcuni studi hanno rilevato che i bambini in età scolare riescono a ricordare maggiormente gli stimoli semplici, rispetto a quelli complessi. Questo dato non concorda con le evidenze emerse in altri studi, nei quali è stato rilevato che i soggetti (studenti universitari) tendono a ricordare maggiormente gli stimoli più complessi. Probabilmente questi risultati controversi potrebbero dipendere dalla diversa età dei soggetti nei rispettivi studi e dai differenti stimoli utilizzati (Huhmann, 2003; Pallett & MacLeod, 2011; Hyde et al., 2016).

2.2 Preferenza verso forme curvilinee e rettilinee nello sviluppo atipico: l'Autismo

Come osservato nella maggior parte degli studi, le linee/forme geometriche (curvilinee vs rettilinee) inducono nei soggetti con sviluppo tipico diverse tipologie di risposte (Palumbo, Ruta & Bertamini, 2015; Palumbo & Bertamini, 2016; Gómez-Puerto et al., 2016; Cotter et al., 2017). Queste ultime influenzano i giudizi, le decisioni e le preferenze degli individui (Palmer et al., 2013).

Ma cosa accade nello sviluppo atipico? Ad esempio, nel Disturbo dello Spettro Autistico, oggetto di studio della presente tesi, la percezione verso alcuni stimoli risulta alterata e di conseguenza anche alcuni processi cognitivi ad essa correlati (ad esempio, l'apprendimento, l'attenzione, la memoria, il linguaggio) (McLaughlin et al., 2002; Katz, 2002; Pallett & Cohen; 2013; Klerk et al., 2014; Pierce et al., 2015; Belin et al., 2017). In generale, diversi studi hanno rilevato che i soggetti con ASD, rispetto ai soggetti con TD, presentano a) un tempo più lungo di fissazione per gli stimoli geometrici rispetto a quelli sociali (Pierce et al., 2011; 2015), b) una preferenza verso gli stimoli geometrici presente già in tenera età (a partire dal primo anno) (Pierce et al., 2011; 2015) e c) una difficoltà a memorizzare stimoli geometrici complessi rispetto a quelli semplici (Minshew & Goldstein, 2001; Pallett & MacLeod, 2011; Chien et al., 2015).

Per quanto riguarda la tipologia degli stimoli geometrici (curvilinei vs rettilinei), in letteratura esistono pochi studi che hanno indagato gli effetti (ad esempio giudizi, decisioni, preferenze) di questa variabile nei soggetti con ASD (McPartland et al., 2011; Belin et al., 2017). Ad esempio, lo studio di McPartland, Webb, Keehn e Dawson (2011) ha indagato i *patterns* di attenzione visiva verso diverse tipologie di stimoli (volti, oggetti tridimensionali e figure geometriche) in un gruppo di soggetti con ASD (in età adolescenziale). Dai risultati, è emerso che i soggetti con ASD, rispetto ai soggetti con TD, hanno guardato maggiormente la regione superiore degli stimoli a prescindere dalla categoria di appartenenza (sociale vs non sociale) (McPartland et al., 2011). Un altro studio molto interessante è quello di Chien, Gau, Shang, Chiu, Tsai e Wu (2015). In questa ricerca gli studiosi hanno riscontrato che i soggetti con ASD, rispetto ai soggetti con TD, presentano difficoltà attentive e

mnemoniche verso gli stimoli geometrici complessi (Chien et al., 2015). In tempi recenti, Belin, Henry, Destays, Hausberger e Grandgeorge (2017) hanno indagato gli effetti di stimoli geometrici semplici (curvilinei e rettilinei) sulle risposte attentive dei soggetti con ASD (in età scolare) e dei soggetti con TD (Belin et al., 2017). I risultati indicano che i soggetti con TD, come ampiamente dimostrato in letteratura, hanno esplorato maggiormente le figure geometriche curvilinee attribuendo, inoltre, a queste ultime connotazioni emotive positive (Salgado-Montejo et al., 2015; Bertamini et al., 2016; Velasco et al., 2016; Belin et al., 2017). Invece, i soggetti con ASD hanno osservato per un tempo maggiore le forme geometriche rettilinee (angolari) e le hanno percepite “positivamente”. Inoltre, è stato rilevato che, quando i partecipanti del gruppo con ASD hanno guardato gli stimoli curvilinei, hanno attribuito a quest’ultimi una valenza sociale (probabilmente perché sono simili nella forma alle configurazioni facciali; volto=ovale) (Belin et al., 2017; Cotter et al., 2017).

2.3 Ipotesi e obiettivi dello studio

Sulla base della letteratura analizzata, l’obiettivo generale del presente lavoro è comprendere se sia prioritario il deficit di esplorazione visiva verso gli stimoli sociali (volti) nella sintomatologia ASD oppure se quest’ultimo sia secondario ad un deficit attentivo presente sin dalle prime fasi di elaborazione dello stimolo (Elsabbagh & Johnson, 2007; 2010; Elsabbagh et al., 2013a; Elsabbagh et al., 2013b). Tra le variabili che potrebbero determinare il deficit attentivo verso gli stimoli sociali e non sociali, in questa ricerca sono state prese in considerazione la complessità geometrica (alta vs bassa) e la tipologia di figure geometriche (curvilinee vs rettilinee).

L'idea di base è indagare se sia la percezione della complessità geometrica (alta vs bassa) legata tipologia di figure geometriche (curvilinee vs rettilinee) ad influenzare il deficit attentivo verso gli stimoli sociali nei soggetti con ASD. Nello specifico, considerato che alcuni stimoli geometrici curvilinei (cerchio, ovale) sono simili nella forma alle configurazioni facciali (Meinhardt-Injac et al., 2017), si vuole comprendere innanzitutto se l'esposizione ad uno stimolo curvilineo (anche se non sociale come il viso) determini un deficit nell'esplorazione visiva degli stimoli sociali nei soggetti con Disturbo dello Spettro Autistico. Inoltre, considerata l'influenza che questo deficit di attenzione visiva potrebbe avere sullo sviluppo di alcuni processi cognitivi (ad esempio, l'apprendimento, la memoria, il linguaggio), lo studio vuole anche valutare la memoria di riconoscimento di questa categoria di stimoli.

Sulla base di quanto affermato, la presente ricerca si propone di indagare le risposte (di attenzione e di memoria) verso alcune figure geometriche (curvilinee e rettilinee) ad alta e a bassa complessità (geometrica) in due gruppi di soggetti (ASD vs TD).

La logica sottostante del presente lavoro è la seguente:

- a) qualora il tempo di osservazione e il numero di riconoscimenti fosse intaccato sia nelle figure a bassa complessità geometrica sia nelle figure ad alta complessità, ciò deporrebbe a favore dell'ipotesi del deficit aspecifico di attenzione visiva presente sin dalle prime fasi di elaborazione dello stimolo visivo (fase pre-attentiva);
- b) se i bambini con ASD guardassero e riconoscessero maggiormente le figure a

bassa complessità geometrica (a prescindere dalla tipologia) rispetto a quelle ad alta complessità, allora il fattore causale potrebbe essere il livello di complessità (geometrica);

c) infine, se esistesse una differenziazione di esplorazione visiva e di riconoscimento tra le figure curvilinee e quelle rettilinee, a prescindere dalla complessità (alta vs bassa), ciò vorrebbe dire che il fattore causale non è la complessità, bensì il deficit specifico di esplorazione visiva verso le figure curvilinee (simili nella forma alle configurazioni facciali).

In relazione alle ipotesi sopracitate (a, b, c), i soggetti con ASD potrebbero presentare:

1. scarse prestazioni nell'esplorazione delle figure ad alta ed a bassa complessità geometrica (deficit aspecifico di attenzione visiva);
2. prestazioni peggiori nell'esplorazione visiva delle figure ad alta complessità geometrica piuttosto che in quelle a bassa complessità (deficit causato dalla complessità geometrica degli stimoli);
3. prestazioni peggiori solo con le figure curvilinee (simili nella forma alle configurazioni facciali) (deficit specifico di esplorazione visiva degli stimoli curvilinei).

Il disegno dello studio è un disegno sperimentale fattoriale misto con una variabile *between subject* e due variabili *within subject*, 2 (Gruppi: ASD vs TD) x 2 (livello di complessità geometrica: alta vs bassa) x 2 (tipologia di figure: rettilinee vs curvilinee).

2.4 Metodo

2.4.1 Soggetti

Il campione della ricerca è costituito da 17 soggetti con ASD (M=12, F=5) di età compresa tra i 36 e i 72 mesi (M=63.35; DS=11.45) che sono stati appaiati per genere ed età mentale con 17 soggetti con TD (M=12, F=5; M=53.41; DS=12.44). Il campione era inizialmente composto da 53 soggetti (30 con ASD e 23 con TD). Da questi, sono stati esclusi i soggetti (13 con ASD e 6 con TD) che non avevano portato a termine il compito (difficoltà a rimanere seduti, movimenti eccessivi del capo e/o del corpo) e che non avevano superato la sequenza di calibrazione (pag. 43).

I soggetti appartenenti al gruppo con ASD (N = 17) sono stati reclutati presso due centri per l'Autismo (Istituto di Scienze Applicate e Sistemi Intelligenti (ISASI) - Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) - di Messina e Azienda Sanitaria Provinciale di Catania - ASP 3). Tutti i soggetti avevano ricevuto da un'equipe specializzata (due neuropsichiatri e due psicologi) una diagnosi formale di "Disturbo dello Spettro Autistico" secondo i criteri diagnostici del DSM-5 (APA, 2013). Per la diagnosi, è stata utilizzata l'*Autism Diagnostic Observation Schedule - 2 edition* (ADOS - 2; Lord et al. 2012). Il profilo cognitivo è stato valutato attraverso le *Griffiths Mental Development Scales* (GMDS) (Griffith et al., 2006). Nello specifico, sono state utilizzate soltanto quelle scale che potevano essere correlate con la funzione cognitiva indagata (attenzione), quali "Linguaggio, Oculo-Manuale, Performance e Ragionamento Pratico". Ai bambini che non avevano ancora compiuto il quarto anno di età non è stata somministrata la scala del ragionamento pratico, poiché quest'ultima richiede competenze e abilità che si sviluppano nel bambino in età successive (Griffith et al., 2006).

I soggetti con TD (N = 17) sono stati reclutati in alcune Scuole per l'Infanzia di Messina e Catania. Nessuno di questi presentava disturbi psichiatrici o neurologici e non aveva parenti di primo grado con tali patologie (Tabella 1).

La ricerca è stata approvata dal comitato etico del Dipartimento di Scienze Cognitive, Psicologiche, Pedagogiche e degli Studi Culturali dell'Università degli Studi di Messina. Per partecipare allo studio, i genitori dei bambini di entrambi i gruppi hanno firmato il consenso informato.

	ASD (N=17) Media (DS)	TD (N=17) Media (DS)	<i>t</i> (33)- <i>value</i>	<i>p</i> - <i>value</i>
Età (mesi)	63.35 (11.45)	53.41 (12.44)	2.37	.02
Genere (M : F)	12:5	12:5	---	---
Età Mentale (GDMS)	52.88 (10.70)	56.64 (13.10)	1.00	.31
EM Linguaggio	57.47 (11.23)	62.94 (13.11)	1.17	.25
EM Oculo Manuale	56.76 (13.82)	53.76 (16.07)	.49	.62
EM Performance	60.64 (15.34)	64.11 (16.82)	.65	.51
EM Ragionamento Pratico	37.05 (14,86)	46.36 (18.65)	1.6	.08
ADOS - 2 Totale	14.6 (5.0)	---	---	---

Tabella 1 – Caratteristiche cliniche e demografiche del campione

2.4.2 Procedura

Per testare le ipotesi sopra citate, è stato costruito un compito facendo riferimento ad alcuni studi presenti in letteratura (Bertamini et al., 2016; Belin et al., 2017). Nello specifico, per quanto riguarda la variabile tipologia di stimoli, in particolar modo la

categoria degli stimoli curvilinei, è stato preso in considerazione lo studio di Bertamini e coll. (2016). A differenza dello studio di Bertamini e coll. (2016), per individuare e caratterizzare le sottili variazioni dell'attenzione visiva dei soggetti con ASD verso gli stimoli presentati, in questa ricerca è stato utilizzato l'eye-tracker (Falck-Ytter et al., 2013; Guillon et al., 2014; Chita-Tegmark, 2016). Inoltre, per valutare le differenti risposte dei due gruppi di soggetti (ASD vs TD) rispetto alle due tipologie di stimoli (curvilinei vs rettilinei), in questo studio sono stati inseriti anche stimoli rettilinei (Belin et al., 2017).

In relazione al parametro complessità geometrica (alta vs bassa), sono stati presi in considerazione tutti gli studi che hanno concettualizzato la complessità geometrica in termini di quantità degli elementi intrinseci, orientamento, posizione, articolazione e dimensione della figura geometrica (curvilinea e rettilinea) (Zhao & Stough, 2005; Wang et al., 2008; Plemenos & Miaoulis, 2009; Nadal et al., 2010; Bertamini et al., 2016). Secondo questi studiosi, il livello di complessità geometrica (alta vs bassa) dipende dal numero di elementi visibili, dall'area di ogni elemento e dalla distanza e dall'orientamento di ciascun elemento (Zhao & Stough, 2005; Wang et al., 2008; Plemenos & Miaoulis, 2009; Nadal et al., 2010; Bertamini et al., 2016).

In accordo con questi studi, è stato creato un compito costituito inizialmente da otto figure a bassa complessità geometrica (4 figure rettilinee: quadrato, triangolo, rombo, rettangolo e 4 figure curvilinee: cerchio, ovale, infinito, mezza luna con estremità curvilinee). Per creare le stesse figure ad alta complessità geometrica, è stata aumentata la densità e l'area (Anobile et al., 2015; Anobile et al., 2016; Cicchini et al., 2016) delle otto figure geometriche precedenti, aggiungendo all'interno di ognuna di esse la stessa figura di dimensioni ridotte (Tabella 2 e Tabella 3).

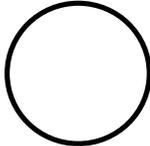
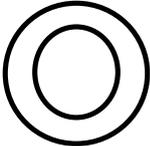
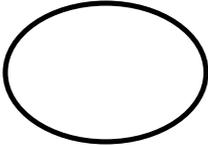
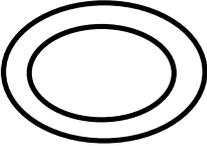
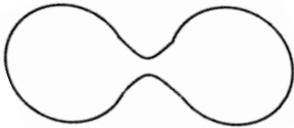
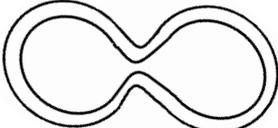
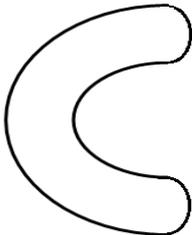
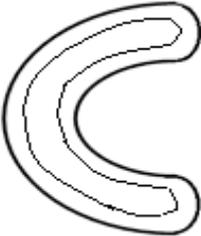
FIGURE CURVILINEE SEMPLICI	FIGURE CURVILINEE COMPLESSE
	
	
	
	

Tabella 2 - Figure geometriche curvilinee semplici e complesse

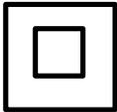
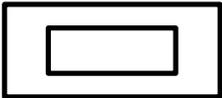
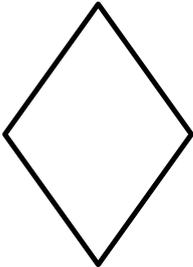
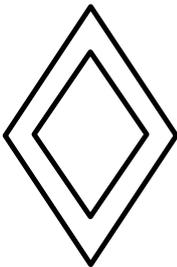
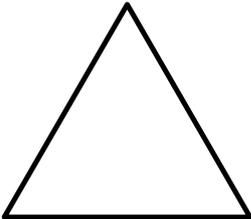
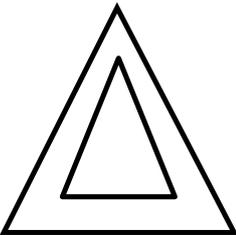
FIGURE RETTILINEE SEMPLICI	FIGURE RETTILINEE COMPLESSE
	
	
	
	

Tabella 3 - Figure geometriche rettilinee semplici e complesse

Le figure geometriche ($n = 16$) sono state inserite all'interno di matrici ($n = 4$) e distribuite in maniera casuale (Figura 1). L'ordine di presentazione delle matrici è stato randomizzato e controbilanciato per tutti i partecipanti allo studio.

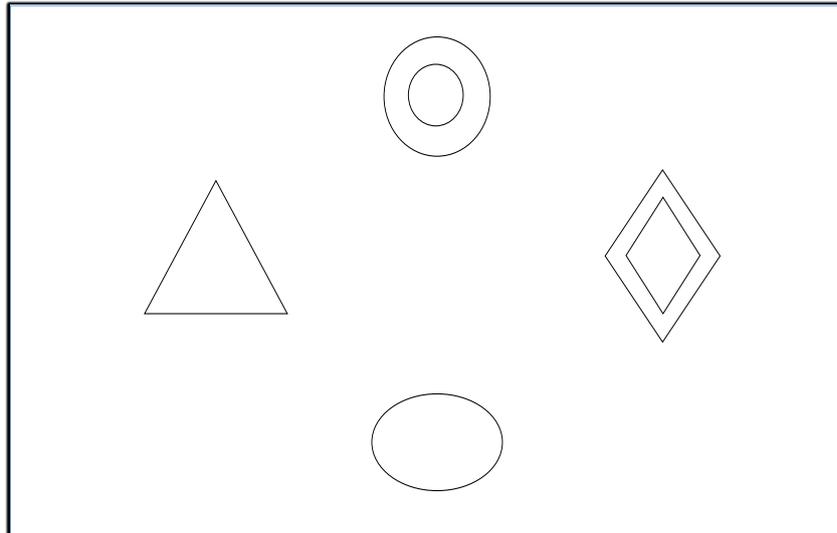


Figura 1 - Matrice con figure geometriche curvilinee e rettilinee

Il task finale, composto da quattro matrici, è stato inserito nell'*eye-tracking* metodologia che consente di valutare le aree (AOIs) che i soggetti guardano sullo schermo durante la somministrazione del compito. L'*eye-tracking* utilizzato in questa ricerca è il sistema SMI (SensoMotoric Instruments) (Figura 2). Questo sistema, dotato di una barra di luce a infrarossi (RED), registra la direzione dello sguardo di ciascun occhio, le riflessioni corneali e i movimenti saccadici e successivamente, valuta i punti che il soggetto sta guardando sullo schermo.



Figura 2 - Eye tracking SMI

Durante il compito di *eye-tracking*, il bambino è seduto su una sedia che dista 50-55 centimetri da un tavolo sul quale sono posizionati un monitor a schermo piatto (22 pollici) con una telecamera esterna e la barra a infrarossi (Figura 3). L' inclinazione della barra e la distanza dallo schermo sono stati tarati e adattati per ogni bambino in modo da ottenere una adeguata calibrazione degli occhi.



Figura 3 - Setting

Prima dell'avvio dell'esperimento, è stata presentata una sequenza di calibrazione a cinque punti. Per la calibrazione, è stato utilizzato uno stimolo visivo e uditivo (un pallino colorato con un suono di sottofondo). Al bambino è stato chiesto di seguire il pallino con lo sguardo senza muovere e/o spostare la testa e/o il corpo (Figura 4). Quando il bambino guardava il pallino sullo schermo, quest'ultimo si spostava da una parte all'altra.



Figura 4 - Esempio di calibrazione

Sono state accettate soltanto le calibrazioni che si collocavano in un valore compreso tra 0° e 1° ; in questa condizione, almeno quattro punti erano contrassegnati correttamente per ciascun occhio (Billeci et al., 2016). Per ogni bambino, sono stati previsti tre tentativi di calibrazione. Nel presente studio, la sequenza di calibrazione è stata presentata a 53 bambini. Di questi, soltanto 34 soggetti (17 soggetti con ASD e 17 soggetti con TD) hanno superato la calibrazione e quindi completato il compito di eye-tracking.

Dopo la sequenza di calibrazione, sul monitor appariva la prima matrice (Figura 5). Durante la presentazione (durata 10000 ms), lo sperimentatore dava al soggetto la seguente consegna: “Osserva con attenzione le figure presenti nello schermo: cerchio, triangolo, ovale e rombo. Poi ti chiederò quali di queste hai già visto”.

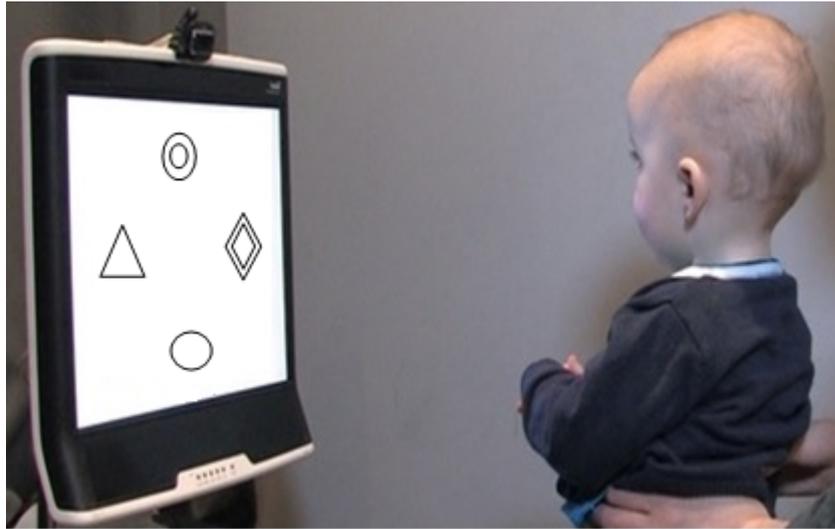


Figura 5 - Somministrazione del compito

Successivamente, appariva una slide con un punto di fissazione posto al centro dello schermo (una croce nera su uno sfondo bianco). Questa slide serviva per far riconvergere lo sguardo del bambino al centro dello schermo dopo l'esplorazione visiva della matrice (Figura 6).

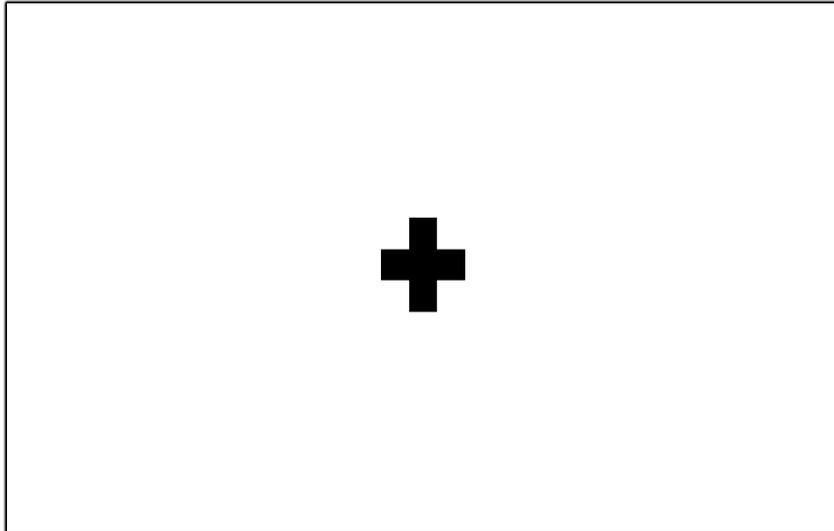


Figura 6 - Punto di fissazione

Nel momento in cui il bambino guardava la croce, venivano presentati in sequenza i quattro compiti di memoria di riconoscimento (Figura 7). Durante la presentazione di questi compiti, lo sperimentatore chiedeva al soggetto: “Quale di queste immagini hai già visto?” (Il bambino poteva utilizzare due modalità di risposta: indicando lo stimolo oppure etichettandolo. Alla risposta corretta si attribuiva il punteggio di 1; per quella sbagliata, 0). La durata di questi compiti dipendeva dal tempo impiegato dal soggetto per fornire la risposta. Se il bambino non dava una risposta entro 10 secondi, si passava al compito successivo.

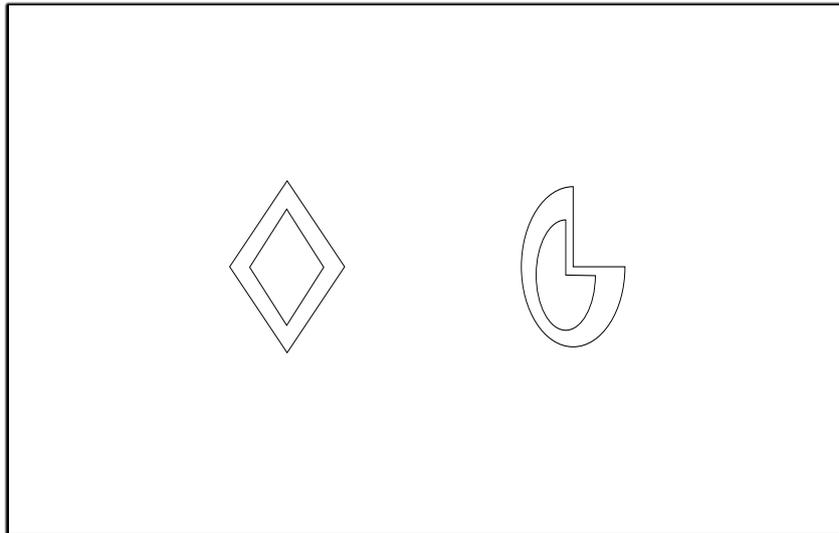


Figura 7 - Compito di memoria di riconoscimento

Dopo questa fase di training, sono state presentate le quattro matrici. Queste ultime erano intervallate da uno schermo nero della durata di 1000 ms. Da questo momento in poi, lo sperimentatore non elencava più le figure presentate ma si limitava a dire al soggetto “Guarda attentamente tutte le figure. Poi ti chiederò quali di queste hai già visto”.

Il compito (calibrazione, matrici, punti di fissazione e compiti di memoria di riconoscimento) aveva una durata media di 4 minuti circa.

Per estrapolare i dati relativi all’esplorazione visiva di ogni soggetto, in ciascuna slide (matrici, punti di fissazione, compiti di memoria di riconoscimento) sono state inserite le AOI (Aree di Interesse): 5 AOI nelle matrici (quattro per le figure e una totale) (Figura 8), 1 AOI per il punto di fissazione (Figura 9) e 2 AOI nei compiti di memoria di riconoscimento (Figura 10). Le AOI avevano tutte le stesse dimensioni.

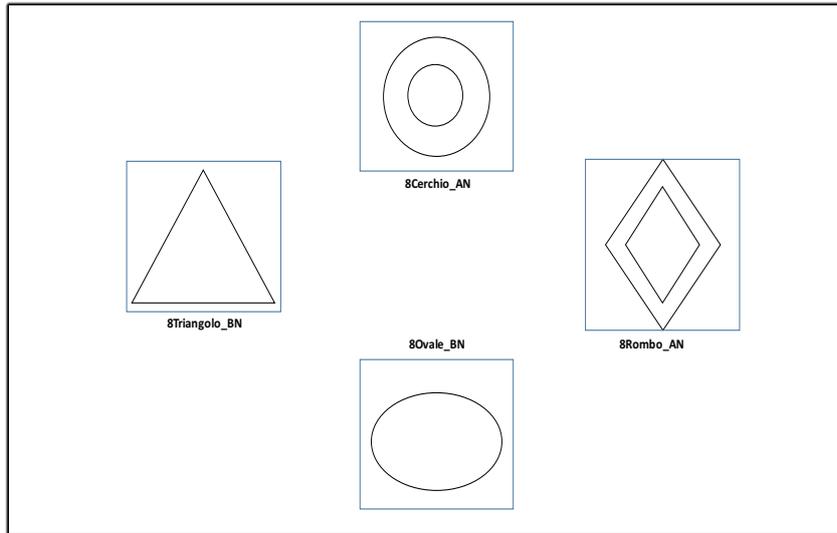


Figura 8 - AOIs Matrice

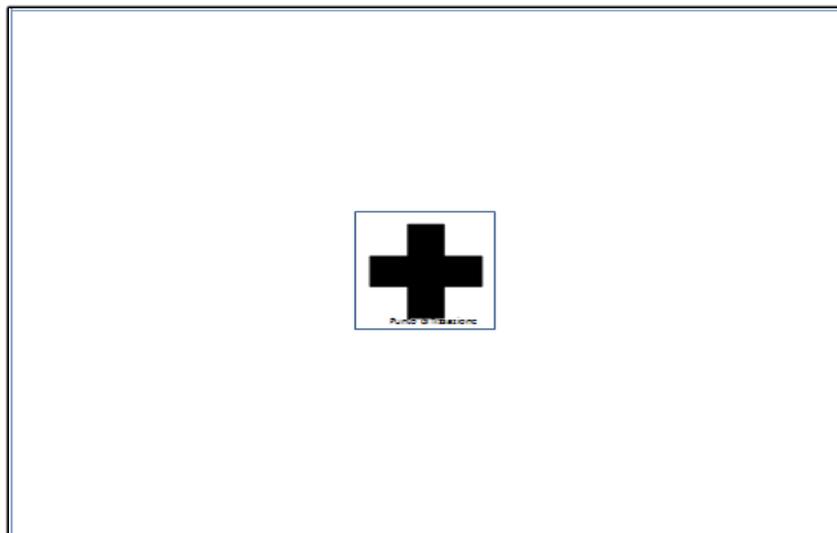


Figura 9 - AOIs Punto di fissazione

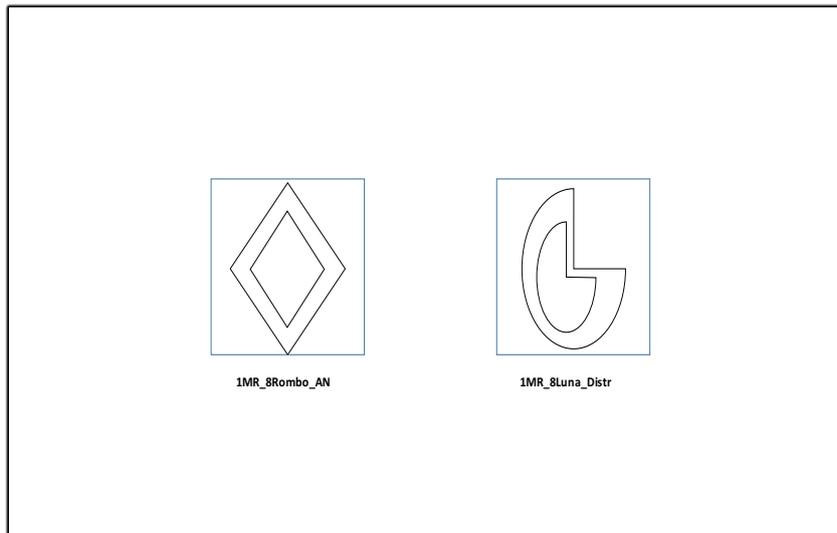


Figura 10 - AOIs Compito di memoria di riconoscimento

Le AOI delle matrici sono state etichettate utilizzando la categoria di appartenenza delle figure (rettilinee e curvilinee) e un numero che corrispondeva alla matrice (Figura 8); per le AOI dei compiti di memoria di riconoscimento, lo stimolo target manteneva l'etichetta che aveva nella matrice di appartenenza (Figura 8), mentre per lo stimolo "distrattore" si utilizzava la categoria di appartenenza, un numero progressivo e l'abbreviazione "distr" (Figura 10).

Per le immagini delle matrici, sono stati valutati i seguenti i parametri: il numero delle fissazioni (*Fixation Count*), la lunghezza delle fissazioni (*Fixation Time*) e il tempo intercorso prima della prima fissazione (*Entry Time*) (Elsabbagh et al., 2013a). Per gli stimoli dei compiti di memoria di riconoscimento, è stata valutata la lunghezza delle fissazioni (*Fixation Time*) dello stimolo target e dello stimolo distrattore e la correttezza delle risposte (0=sbagliata, 1=corretta).

2.5 Analisi statistica

I dati sono stati analizzati utilizzando il programma SPSS - 24. Le statistiche descrittive relative alle caratteristiche del campione sperimentale sono state presentate separatamente per i soggetti con ASD e i soggetti con TD. I confronti tra i due gruppi sono stati effettuati utilizzando il Test t di Student per campioni indipendenti. Le statistiche descrittive dei due gruppi mostrano che ci sono differenze significative soltanto per quanto riguarda l'età cronologica, $t(33) = 2,37, p < .02$, mentre per quanto riguarda l'età mentale non emergono effetti statisticamente significativi, $t(33) = 1,00, p < .31$ (Tabella 1 pag. 37).

Per quanto riguarda l'analisi dei parametri estrapolati dall'*eye-tracker*, sono stati utilizzati i seguenti test: analisi della varianza a misure ripetute e Test t di Student per campioni appaiati. I dati sono stati analizzati tenendo in considerazione due parametri: *esplorazione visiva* (FT, FC e ET) e *memoria di riconoscimento* (FT e correttezza delle risposte) di entrambi i gruppi (ASD vs TD).

Sono stati considerati statisticamente significativi i risultati con un valore $p < 0.05$. Per tutti i test statistici, nei casi in cui gli effetti erano statisticamente significativi, è stata calcolata la potenza dell'effetto.

2.6 Risultati

I risultati sono stati presentati in relazione ai parametri di esplorazione visiva e memoria di riconoscimento. Prima di analizzare questi due parametri, è stato valutato in generale il tempo di osservazione delle quattro matrici di entrambi i gruppi. A tal proposito, è stata effettuata un'analisi della varianza a misure ripetute a due vie, 2

(Gruppi: ASD e TD) X 4 (Ordine delle matrici: 1°, 2°, 3° e 4°). Dall'analisi, emerge che il fattore Ordine delle matrici non presenta effetti significativi. Questo dato indica che ognuna delle quattro matrici è stata esplorata per lo stesso tempo da entrambi i gruppi.

Esplorazione visiva

Per valutare l'esplorazione visiva, sono stati presi in considerazione i seguenti parametri: la lunghezza delle fissazioni (*Fixation Time*), il numero delle fissazioni (*Fixation Count*) e il tempo intercorso prima della prima fissazione (*Entry Time*) (Elsabbagh et al., 2013a).

Per quanto riguarda il primo parametro (*Fixation Time* - lunghezza delle fissazioni), è stato elaborato un disegno di analisi della varianza a misure ripetute con una variabile *between subject* e due variabili *within subject*, 2 (Gruppi: ASD vs TD) X 2 (Complessità geometrica: Alta vs Bassa) X 2 (Tipologia di figure: Rettilinee e Curvilinee). Dall'analisi dei risultati, emerge che la variabile Gruppi presenta effetti significativi, $F(1, 32) = 12,93, p < 0.001, \eta^2_p = 0.92$. Questo dato indica che i soggetti con ASD, rispetto ai soggetti con TD, tendono ad osservare per un tempo inferiore le figure all'interno delle matrici. Anche la variabile Complessità geometrica, presenta effetti significativi, $F(1, 32) = 12,92, p < 0.001, \eta^2_p = 0.91$. Questo dato indica che in generale, quando la complessità geometrica è alta, entrambi i gruppi tendono a fissare lo stimolo per un tempo maggiore rispetto agli stimoli a bassa complessità geometrica (Figura 11).

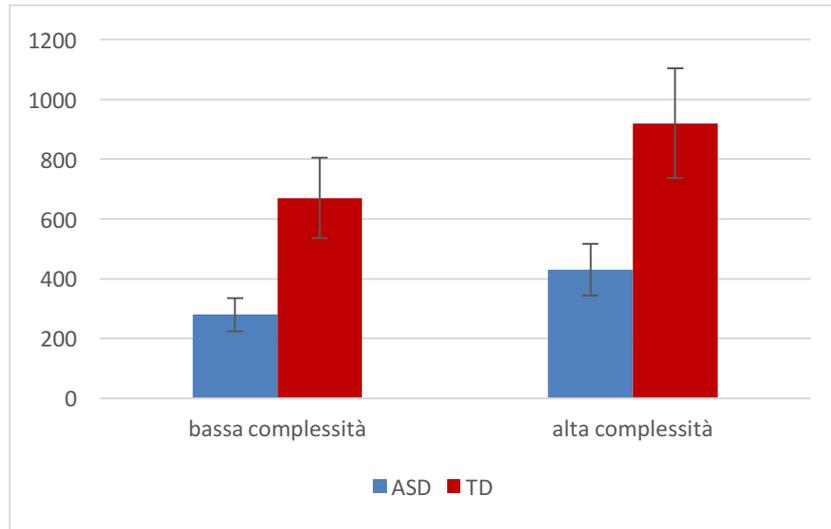


Figura 11 - Media e DS del parametro FT relativo alla complessità geometrica

Per quanto riguarda il fattore Tipologia di figure (curvilinee e rettilinee), emergono differenze statisticamente significative, $F(1, 32) = 9,92, p < 0.001, \eta^2p = 0.91$. Inoltre, anche l'interazione Tipologie di forme X Gruppi presenta effetti significativi, $F(1, 32) = 3,71, p < 0.005, \eta^2p = 0.92$. Questo dato indica che i soggetti con ASD, rispetto ai soggetti con TD, guardano per un tempo quasi equivalente entrambe le tipologie di forme; invece, i soggetti con TD guardano per un tempo superiore le forme curvilinee rispetto a quelle rettilinee. Emerge inoltre la significatività dell'interazione Gruppi X Complessità geometrica X Tipologie di Forme, $F(1, 32) = 2,27, p < .05, \eta^2p = 0.68$. Come si evince dalla figura 12, quando la complessità geometrica aumenta, i soggetti con ASD, rispetto ai soggetti con TD, presentano un'attenzione ridotta verso gli stimoli curvilinei (Figura 12).

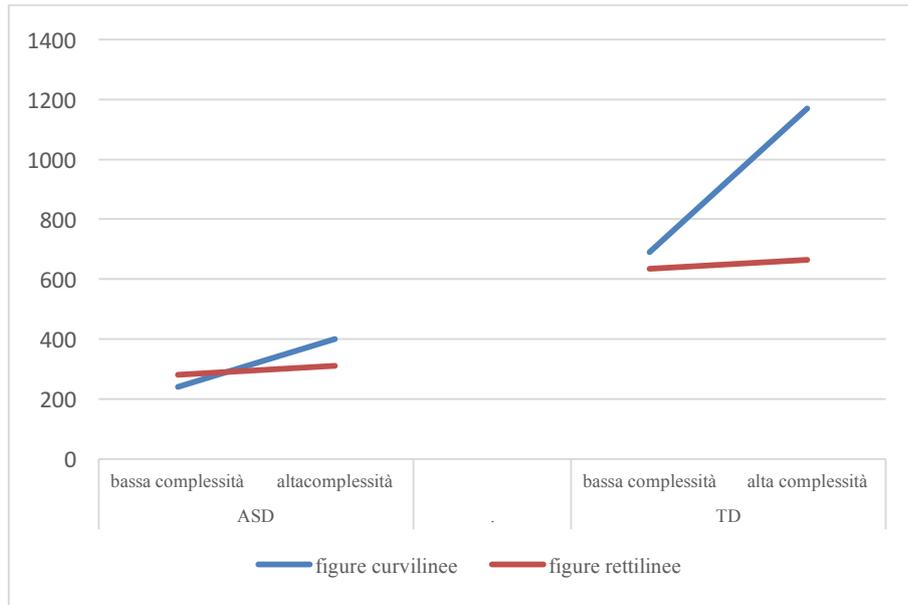


Figura 12 - FT relativo all'interazione tra Gruppi/Complessità/Tipologia di Figure

In relazione al secondo parametro (*Fixation Count* - Numero delle fissazioni), la variabile Gruppi presenta effetti significativi, $F(1, 32) = 17,31$, $p < 0.001$, $\eta^2p = 0.94$. Questo dato indica che il gruppo con ASD, rispetto al gruppo con TD, presenta un numero di fissazioni minore. Anche la variabile Complessità geometrica, presenta effetti significativi, $F(1, 32) = 13,76$, $p < 0.001$, $\eta^2p = 0.90$. Infatti, come è possibile vedere nella figura 13, quando la complessità geometrica è alta, entrambi i gruppi presentano un numero di fissazioni maggiore (Figura 13).

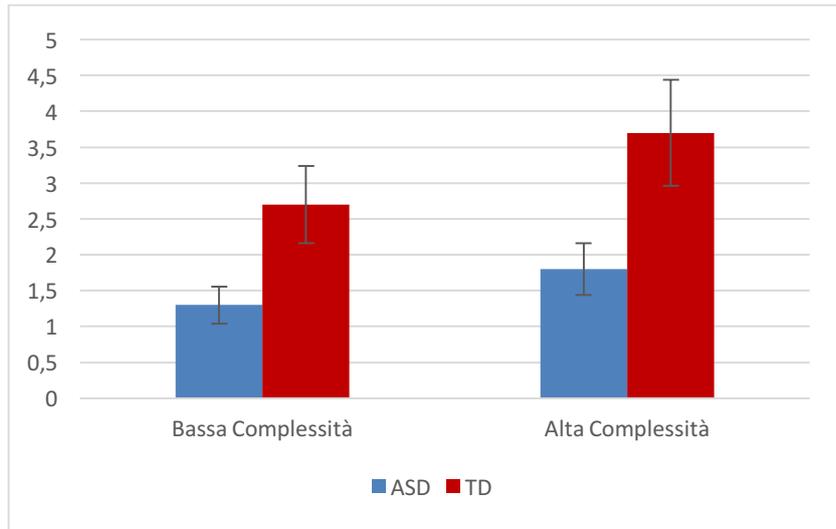


Figura 13- Media e DS del parametro FC relativo alla complessità geometrica

Per quanto riguarda la variabile Tipologie di figure (curvilinee e rettilinee), emergono differenze statisticamente significative, $F(1, 32) = 6,73, p < 0.001, \eta^2p = 0.90$. Inoltre, l'interazione Gruppo X Tipologie di Forme presenta effetti significativi, $F(1, 32) = 3,86, p < 0.005, \eta^2p = 0.83$. Questo dato indica che i soggetti con ASD, rispetto ai soggetti con TD, hanno un numero di fissazioni quasi equivalente per entrambe le tipologie di figure (curvilinee e rettilinee); invece, i soggetti con TD presentano un numero di fissazioni superiore per le forme curvilinee rispetto a quelle rettilinee (Tabella 4).

STIMOLI	ASD MEDIA (DS)	TD MEDIA (DS)
Bassa Complessità		
Quadrato	1.52 (2.09)	2.23 (1.67)
Triangolo	1.23 (1.82)	3.29 (2.88)
Rettangolo	.76 (1.09)	2.35 (1.90)
Rombo	2.17 (2.48)	3,52 (3.16)
Cerchio	1.11 (1.21)	2.17 (1.77)
Ovale	.76 (1.09)	2.76 (2.38)
Cornetto	1.64 (2.05)	2.94 (2.46)
Infinito	1.00 (1.62)	2.82 (2.57)
Alta Complessità		
Quadrato	1.29 (1.49)	1.76 (2.27)
Triangolo	1.70 (2.02)	2.94 (2.01)
Rettangolo	1.29 (1.57)	3.29 (2.61)
Rombo	1.82 (2.62)	2.88 (2.91)
Cerchio	2.29 (3.31)	4.17 (3.02)
Ovale	2.17 (2.50)	2.00 (1.45)
Cornetto	1.88 (1.83)	6.11 (3.31)
Infinito	1.88 (1.83)	6.11 (3.31)

Tabella 4- Medie e DS relative alle forme curvilinee e rettilinee

Inoltre, è stata rilevata una significatività nell'interazione Gruppi X Complessità geometrica X Tipologie di Forme, $F(1, 32) = 2,88$, $p < .05$, $\eta^2p = 0.67$. Come si evince dalla figura 15, quando la complessità geometrica aumenta, i soggetti con ASD, rispetto ai soggetti con TD, presentano un numero minore di fissazioni verso gli stimoli curvilinei (Figura 14).

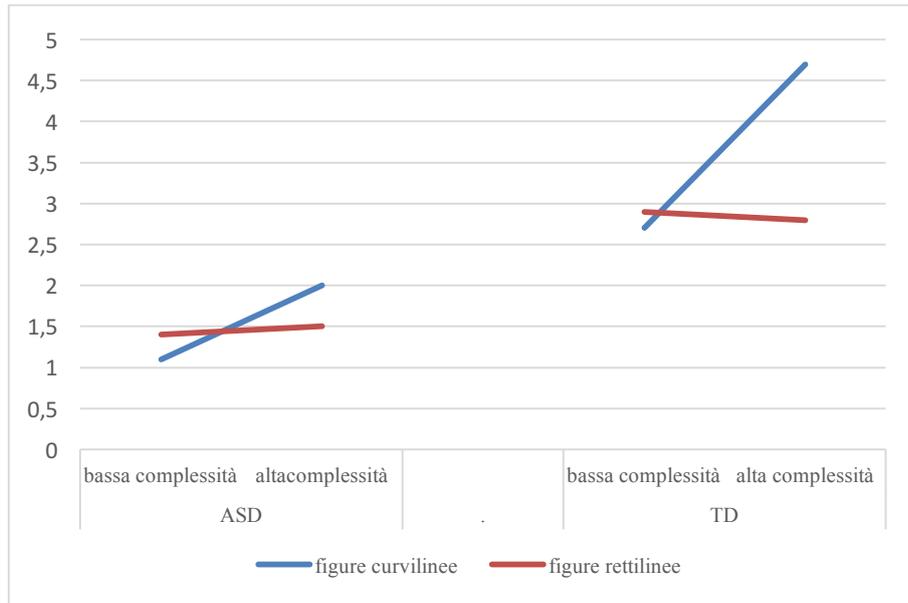


Figura 14 - FC relativo all'interazione Gruppi/Complessità/Tipologia di Figure

In riferimento al terzo parametro dell'esplorazione visiva (*Entry Time* - Tempo intercorso prima della prima fissazione), non emergono differenze statisticamente significative tra i due gruppi in nessuna delle variabili considerate. Probabilmente, il tempo di accesso intercorso prima della prima fissazione non è risultato significativo poiché il contatto oculare dei soggetti ricadeva immediatamente sugli stimoli posti sul monitor.

Memoria di riconoscimento

Per quanto riguarda la memoria di riconoscimento, è stato elaborato un disegno di analisi della varianza a misure ripetute 2 (Gruppi: ASD vs TD) X 2 (Complessità geometrica: Alta vs Bassa) X 2 (Tipologia di forme: Rettilinee e Curvilinee). I parametri presi in considerazione sono: *Fixation Time* (Lunghezza delle fissazioni) verso lo stimolo target e verso lo stimolo distrattore e correttezza delle risposte.

Per quanto riguarda il primo parametro (*Fixation Time* - Lunghezza delle fissazioni), non sono emerse differenze statisticamente significative in entrambi i gruppi.

Invece, in relazione al secondo parametro (correttezza delle risposte), la variabile Gruppi presenta effetti significativi, $F(1, 32) = 3.08, p < 0.005, \eta^2p = 0.83$. Questo dato indica che i soggetti con ASD, rispetto ai soggetti con TD, tendono in generale a ricordare in misura minore le forme viste in precedenza. Questo dato è coerente con quello dell'esplorazione visiva. Nello specifico, i soggetti con ASD esplorano e ricordano in misura minore le forme rettilinee e curvilinee rispetto al gruppo con TD (Tabella 5). Infine, il riconoscimento non sembra essere influenzato dalle altre variabili considerate (Tipologia di forme e forme).

STIMOLI	ASD Media (DS)	TD Media (DS)
Bassa complessità		
Rettilinee	2.18 (1.55)	2.62 (1.66)
Curvilinee	2.18 (1.32)	2.75 (1.43)
Alta complessità		
Rettilinee	1.81 (1.32)	3.06 (.99)
Curvilinee	1.75 (1.23)	2.37 (.95)

Tabella 5 - Medie e DS relative al numero di risposte corrette nel compito di memoria di riconoscimento

2.7 Discussione

L'obiettivo generale del presente lavoro è comprendere se sia prioritario il deficit di esplorazione visiva verso gli stimoli sociali (volti) nello sviluppo della sintomatologia ASD oppure se quest'ultimo sia secondario ad un deficit attentivo presente sin dalle prime fasi di elaborazione dello stimolo. Tra le variabili che potrebbero determinare il deficit attentivo verso gli stimoli sociali e non sociali, in questa ricerca sono state valutate la complessità geometrica e la tipologia di figure geometriche (curvilinee vs rettilinee). L'idea di base è indagare se sia la percezione della complessità geometrica legata a figure curvilinee e rettilinee (semplici e complesse) ad influenzare il deficit verso gli stimoli sociali nei soggetti con ASD. Nello specifico, si vuole comprendere se l'esposizione ad uno stimolo curvilineo (anche se non sociale come il viso) determini un deficit nell'esplorazione visiva. I dati sono stati analizzati tenendo in considerazione due parametri: esplorazione visiva e memoria di riconoscimento.

I risultati relativi all'esplorazione visiva indicano che entrambe le variabili considerate (complessità geometrica e tipologia di figure geometriche) sono significative. Nello specifico, per quanto riguarda la tipologia di figure, i dati confermano quanto emerso in letteratura e cioè che i soggetti con TD, rispetto ai soggetti con ASD, guardano maggiormente (FT e FC) le forme curvilinee rispetto a quelle rettilinee (Westerman et al., 2012; Van Oel & Van Den Berkhof, 2013; Vartanian et al., 2013; Palumbo, Ruta & Bertamini, 2015; Salgado-Montejo et al., 2015; Bertamini et al., 2016; Gómez-Puerto et al., 2016; Palumbo & Bertamini, 2016; Velasco et al., 2016; Cotter et al., 2017). In relazione alla variabile complessità, dai

risultati emerge che i soggetti con ASD non sono sensibili né alla complessità né alla tipologia di figure (curvilinee vs rettilinee) (Chien et al., 2015; Belin et al., 2017).

Per quanto riguarda i risultati relativi alla memoria di riconoscimento, dai risultati emerge che i soggetti con ASD, rispetto ai soggetti con TD, tendono in generale a ricordare in misura minore le forme rettilinee e curvilinee viste in precedenza. Questo dato è coerente con quello dell'esplorazione visiva. Quindi i soggetti con ASD esplorano e ricordano in misura minore le forme rettilinee e curvilinee rispetto al gruppo con TD.

In relazione alle ipotesi espresse nell'introduzione, i risultati confermano i tre punti analizzati (a, b, c). I soggetti con ASD a) presentano in generale bassi indici di esplorazione su tutti gli stimoli, b) non sono sensibili né alla complessità geometrica c) né alla tipologia di figure (curvilinee e rettilinee). Dal momento che tutte le variabili considerate riflettono un modello di deficit inclusivo, piuttosto che esclusivo, è possibile ipotizzare la presenza di un deficit aspecifico di attenzione visiva presente sin dalle prime fasi dell'elaborazione dello stimolo (c).

Alla luce dei risultati ottenuti, questi dati potrebbero essere interpretati come un "antecedente funzionale percettivo" in grado di spiegare il deficit di esplorazione visiva verso gli stimoli sociali. Nello specifico, se i soggetti con ASD non prestano attenzione alle figure curvilinee e complesse, questo potrebbe spiegare la loro difficoltà a prestare attenzione ai volti che sono di per sé stimoli curvilinei e complessi.

Nonostante in questo lavoro siano stati indagati gli antecedenti percettivi funzionali del deficit di orientamento verso gli stimoli sociali nei soggetti con ASD, il limite riscontrato è l'utilizzo di "stimoli astratti" (figure geometriche).

Ma cosa accade con gli stimoli ecologici e naturalistici? Per rispondere a questa domanda, è stato condotto un altro studio di eye-tracking che, utilizzando la stessa procedura del presente studio, ha valutato l'esplorazione visiva e la memoria di riconoscimento dei soggetti con ASD verso stimoli naturalistici ed ecologici (pag. 77). Inoltre, dato che in letteratura gli stimoli ecologici utilizzati non sono stati mai tarati, prima di indagare l'esplorazione visiva e la memoria di riconoscimento dei soggetti con ASD di fronte a stimoli ecologici semplici e complessi, è stata condotta una taratura e una standardizzazione di immagini semplici e complesse appartenenti a diverse categorie (pag. 60).

III CAPITOLO

Immagini semplici e complesse: operazionalizzazione del costruito, standardizzazione e complessità categoriale

3.1 La complessità: teorie a confronto

La capacità di selezionare con gli organi di senso le informazioni derivanti dall'ambiente circostante è alla base della conoscenza umana. Questa selezione è controllata da processi endogeni, quali aspettative, interessi e scopi dell'individuo (Joye, Sheg, Ünal & Pals, 2016) e da processi esogeni dipendenti dalle caratteristiche fisiche degli stimoli (Keehn, Müller & Townsend, 2013). Tra le diverse caratteristiche di natura esogena, il presente studio prende in considerazione la complessità.

La letteratura che indaga i meccanismi della percezione che sottostanno alla complessità visiva è molto limitata. Secondo Schmidt e Fleming (2016), la ragione è legata al fatto che i meccanismi morfogenetici che ne sono alla base sono a loro volta molteplici e complessi (Schmidt & Fleming, 2016). Questa difficoltà si rintraccia anche nelle numerose definizioni di complessità che sono state fornite da diversi studiosi nel corso del tempo. Ognuna di esse presenta degli svantaggi o delle incoerenze e allo stato attuale emerge la difficoltà di giungere ad un'unica definizione del costruito e delle sue caratteristiche.

Secondo una definizione generale legata allo studio dei sistemi complessi, “la complessità è la proprietà di un sistema modellizzabile suscettibile di mostrare dei comportamenti che non siano tutti predeterminabili (necessari) anche se

potenzialmente anticipabili (possibili) da un osservatore intenzionale di questo sistema” (Le Moigne, 1985, pp. 100-102). Nello specifico, in base all’ambito di applicazione, la complessità è stata anche definita come complessità computazionale (Goldreich, 2008), complessità di grana (Gell-Mann, 1995), complessità informatica o algoritmica (Kolmogorov, 1965; Chaitin, 1974), complessità effettiva (Gell-Mann, 1995), complessità come proprietà latente (Casti, 1986), complessità relazionale (Holland, 1975), complessità statistica (López-Ruiz, Mancini & Calbet, 1995; López-Ruiz, 2005), complessità geometrica (Westerman et al., 2012; Van Oel & Van Den Berkhof, 2013; Vartanian et al., 2013; Palumbo, Ruta & Bertamini, 2015; Salgado-Montejo et al., 2015; Bertamini et al., 2016; Gómez-Puerto et al., 2016; Palumbo & Bertamini, 2016; Velasco et al., 2016; Cotter et al., 2017) e complessità delle rappresentazioni visive (Birkhoff, 1932; Eysenk, 1942; Berlyne, 1974; Massaro et al., 2012).

Oltre alla difficoltà di giungere ad un’unica definizione del costrutto, emerge un'altra questione importante: comprendere se la complessità possa essere considerata un costrutto dominio-generale (e quindi trans-disciplinare) oppure dominio-specifico (e quindi con proprietà, dimensioni e significati differenti secondo le diverse prospettive scientifiche). In questo studio, il costrutto proposto è stato costruito nella prospettiva dominio-specifica. Nello specifico, è stata indagata la complessità nella valutazione della rappresentazione visiva di immagini a colori e in bianco e nero.

Storicamente, diversi studiosi hanno analizzato il costrutto della complessità visiva e i suoi effetti sui processi psicologici. Uno dei primi studiosi che si è occupato del costrutto di complessità è stato Birkhoff (1932). Secondo lo studioso, la gradevolezza della rappresentazione visiva dipende dal rapporto tra il valore “ordine”

e il valore “complessità” ($M = O/C$). Inoltre, Birkhoff (1932) ha identificato la misura della complessità di un'opera con il numero delle sue componenti. Le componenti elementari dell'oggetto visualizzato sarebbero direttamente proporzionali allo sforzo che l'osservatore compie per coglierne percettivamente la struttura. La percezione di ordine, come la complessità, è un fattore quantificabile ed è inerente alla configurazione o alla struttura dell'oggetto e alle sue componenti elementari (Birkhoff, 1932). Questa teoria presenta due limiti: l'attribuzione di valori numerici soggettivi ai parametri di ordine e di complessità e il fatto di propendere in misura maggiore per l'ordine e la semplicità penalizzando le configurazioni più complesse. Uno dei principali critici della teoria di Birkhoff è stato Eysenck (1942). Lo studioso ha proposto una nuova formula in cui la gradevolezza della rappresentazione visiva non dipende dal rapporto tra ordine e complessità, bensì dal prodotto dei due fattori ($M = O \cdot C$) (Eysenck, 1942). Quindi, sulla base di questo assunto, un'immagine con elevato indice di gradevolezza deve contenere allo stesso tempo sia elementi di complessità che di ordine, entrambe caratteristiche strutturali fondamentali dell'esperienza estetica (Boseline & Leeuwenberg, 1984). Un altro approccio che ha contribuito allo studio della complessità è quello di Berlyne (1974). Berlyne, studiando gli effetti edonici derivanti dalle fluttuazioni del livello di *arousal* indotte dall'esposizione agli stimoli visivi, riteneva che ciò che è complesso, inatteso e contraddittorio provoca nel soggetto un aumento del livello di vigilanza. Nello specifico, egli ha affermato che il comportamento esplorativo di “ricerca dello stimolo” è orientato verso alcune caratteristiche formali o strutturali dello stimolo stesso, quali familiarità vs novità, monotonia vs sorpresa, semplicità vs complessità, chiarezza vs ambiguità e staticità vs variabilità. Inoltre, per lo studioso, queste caratteristiche, definite “variabili collative”,

sono elementi di conflitto percettivo che inducono all'esplorazione visiva e spiegano l'apprezzamento per stimoli nuovi, complessi ed ambigui (Berlyne, 1974). La preferenza verso gli stimoli complessi rispetto a quelli semplici è stata indagata anche da Reber, Schwarz e Winkielman (2004). Gli studiosi hanno ipotizzato che la preferenza verso gli stimoli complessi dipenda da fattori specifici, quali aspettative e attribuzioni (gli stimoli complessi creano nel soggetto aspettative e attribuzioni maggiori che aumentano la gradevolezza della rappresentazione visiva), fluidità percettiva (gli stimoli complessi facilitano l'accesso al significato dello stimolo) e semplicità oggettiva vs semplicità cognitiva (gli stimoli complessi hanno una maggiore ridondanza e sono riconosciuti più facilmente rispetto agli stimoli semplici) (Reber et al., 2004). In tempi più recenti, Maeda (2006), considerando la complessità e la semplicità come due variabili interconnesse, ha affermato che la complessità non può fare a meno della semplicità. Secondo lo studioso, il passaggio dal semplice al complesso è un ritmo costante che scandisce l'armonia con cui queste due dimensioni si intrecciano nel tempo e nello spazio. Per cui, secondo Maeda si può comprendere il termine "complessità" in relazione al termine "semplicità". Pertanto, la complessità è in realtà una caratteristica multi-dimensionale, dipendente dalla quantità delle variabili in gioco, dalla loro strutturazione e dalle qualità intrinseche (Maeda, 2006). Tale prospettiva è stata confermata recentemente anche negli studi di Marin e Leder (2013). Secondo gli studiosi, la complessità è costituita dal numero e dalla varietà degli elementi presenti nelle rappresentazioni visive (Marin & Leder, 2013). Un altro studioso che ha contribuito allo studio della complessità è stato Birkin (2010). Quest'ultimo ha affermato che la complessità visiva può essere definita attraverso i seguenti criteri: il livello del dettaglio (cioè, le varie parti di un'immagine), il numero

di colori (cioè, la varietà e la quantità di colori presenti nell'immagine), la ridondanza (cioè, l'ordine di un'immagine), le risorse cognitive impiegate (cioè, la difficoltà di percepire un'immagine) e la profondità dell'immagine (cioè, la percezione tridimensionale) (Birkin et al., 2010). Nello stesso anno, un altro contributo molto importante per lo studio della complessità visiva deriva dalla ricerca di Nadal, Munar, Marty e Cela-Conde (2010). Secondo gli studiosi, la complessità visiva dipende dai seguenti fattori: ambiguità degli elementi, disorganizzazione, quantità e varietà delle parti, asimmetria, varietà dei colori e aspetto tridimensionale (Nadal et al., 2010). In tempi più recenti, Massaro, Savazzi, Di Dio, Freedberg, Gallese, Gilli e Marchetti (2012) hanno rilevato che il colore potrebbe potenziare l'effetto della rappresentazione visiva di alcuni stimoli dinamici, arricchendoli con alcuni dettagli percettivi. Questo aspetto potrebbe, di conseguenza, aumentare la complessità dell'immagine (Massaro et al., 2012).

Riassumendo, la letteratura sopra esaminata indica che la complessità degli stimoli visivi (immagini a colori ed in bianco e nero) sembrerebbe essere legata a numerosi fattori (quali, il piacere, l'ordine, il colore, la numerosità delle parti, la monotonia) che di conseguenza influenzerebbero in misura diversa gli effetti della complessità, quali la direzione e la durata delle risposte esplorative, gli indici psicofisiologici, tra cui l'*arousal* (Berlyne & McDonnell, 1965), i giudizi di piacere e di preferenza (Berlyne & Peckham, 1966; Reber et al., 2004).

3.2 Ipotesi e obiettivi dello studio

Sulla base della letteratura analizzata, il presente studio si propone i seguenti obiettivi:

- a) operationalizzare il costrutto della complessità relativo ad alcune immagini.

Nello specifico, l'obiettivo del presente lavoro è quello di creare un questionario derivato dalle coerenze fra i diversi autori sulla definizione di complessità delle immagini (Tabella 1). Le coerenze emerse sono state: noia, parti, connessione delle parti, ordine, piacere, colori e vividezza dei colori;

- b) analizzare i differenti livelli di complessità delle categorie di appartenenza delle immagini (animali, frutta, mezzi di trasporto, strumenti tecnologici e visi);

- c) fornire alla comunità scientifica un catalogo di immagini con il relativo indice di complessità. In particolare, si intendono tarare e standardizzare i giudizi di complessità relativi ad immagini a colori e in bianco e nero appartenenti alle categorie sopra citate.

AUTORI	DATA	CARATTERISTICHE
Birkhoff, G., D.	1932	<ul style="list-style-type: none"> • Sensazione di piacere • Percezione dell'ordine
Eysenk, H., J.	1942	<ul style="list-style-type: none"> • Sensazione di piacere • Percezione dell'ordine
Berlyne, D., E.	1974	<ul style="list-style-type: none"> • Familiarità/novità • Monotonia/noia/sorpresa • Chiarezza/ambiguità • Staticità/variabilità • Semplicità
Boselie, F., & Leeuwenberg, E.	1984	<ul style="list-style-type: none"> • Grado di bellezza; • Grado di non ambiguità dei mezzi; • Grado di non ambiguità dei fini; • Sconcerto e sorpresa
Reber, R., Schwarz, N., Winkielman, P.	2004	<ul style="list-style-type: none"> • Attribuzioni e aspettative • Fluidità percettiva • Semplicità oggettiva vs semplicità cognitiva
Maeda, J.	2006	<ul style="list-style-type: none"> • Semplicità
Birkin, G.	2010	<ul style="list-style-type: none"> • Parti • Colore • Ordine • Sforzo percettivo • Profondità
Nadal, M., Munar, E., Marty, G., & Cela-Conde, C. J.	2010	<ul style="list-style-type: none"> • Ambiguità degli elementi • Disorganizzazione • Quantità degli elementi • Varietà degli elementi • Asimmetria • Varietà dei colori • Aspetto tridimensionale
Massaro, D., Savazzi, F., Di Dio, C., Freedberg, D., Gallese, V., Gilli, G., Marchetti, A.	2012	<ul style="list-style-type: none"> • Colore
Marin, M., M., & Leder, H.	2013	<ul style="list-style-type: none"> • Numero e varietà degli elementi

Tabella 1 - Presentazione di indici per la concettualizzazione della complessità

3.3 Metodo

3.3.1 Soggetti

Il campione della ricerca è costituito da 137 studenti universitari (M=67 e F=70) di età compresa tra i 19 e i 25 anni (M= 21,38; DS=±2,21). I partecipanti sono stati reclutati presso il Dipartimento di Scienze Cognitive, Psicologiche, Pedagogiche e degli Studi Culturali dell'Università degli Studi di Messina. Gli studenti frequentavano diversi corsi di laurea (Scienze dell'educazione e della formazione, Scienze pedagogiche, Scienze cognitive) e sono stati contattati con differenti modalità: al termine delle lezioni, durante il ricevimento e tramite mail. Ogni studente veniva intervistato individualmente e doveva rispondere alle otto domande del questionario per ciascuna immagine (n=70) attribuendo un punteggio da 1 a 10. Le immagini (35 a colori e 35 in bianco e nero; dimensioni 12 x 12 cm) sono state inserite su *PowerPoint* e presentate in modo randomizzato ad ogni soggetto. Il compito aveva una durata media di 60 minuti.

3.3.2 Procedura

Il presente lavoro ha previsto due fasi: 1) costruzione e preparazione del materiale (questionario e immagini) e 2) taratura e standardizzazione delle immagini.

La prima fase è stata suddivisa in due parti: a) scelta del materiale e b) costruzione del questionario. Per quanto riguarda la scelta del materiale (a), è stata condotta una ricerca su alcuni cataloghi multimediali di immagini (www.clipartgratis.it; www.openclipart.org) dalla quale sono state estrapolate inizialmente 110 immagini appartenenti a 5 categorie (animali, frutta, mezzi di trasporto, strumenti tecnologici e

visi). Queste immagini sono state giudicate successivamente da 16 osservatori indipendenti che ne hanno valutato il grado di adesione alla categoria di appartenenza. Al termine di questa fase, sono state selezionate le immagini ad alta rappresentatività categoriale (stimoli riconosciuti come appartenenti alla categoria nel 96% dei casi). Dopo questa valutazione, il numero delle immagini è stato ridotto a 35 (7 immagini per ogni categoria). Per evitare possibili *bias* attentivi dovuti alle caratteristiche *low level* delle immagini (colore, luminosità, contrasto, saturazione etc.), le 35 immagini a colori sono state modificate attraverso due filtri di regolazione di *Photoshop* (regolazione bianco e nero e riduzione della soglia). Il materiale finale, quindi, era costituito da 70 immagini (35 a colori e 35 in bianco e nero).

Per la costruzione del questionario (b), le domande sono state formulate facendo riferimento ai criteri specifici che provengono dalla concettualizzazione della complessità di alcuni studiosi (Tabella 1). Nello specifico, il questionario è composto da domande soggettive: 1) quanto è noiosa l'immagine? 2) quanto ti sembra ordinata l'immagine?, 3) quanto ti piace l'immagine?, 4) quanto sono vividi i colori all'interno dell'immagine? e da domande oggettive: 1) quante parti individui nell'immagine? 2) quanto sono connesse tra di loro le parti?, 3) quanti colori ci sono nell'immagine?. Inoltre, per verificare la coerenza fra la complessità percepita e ognuna delle costanze emerse (noia, parti, connessione delle parti, ordine, piacere, colori e vividezza dei colori), è stato valutato anche il giudizio di complessità composito (“quanto è complessa l'immagine?”).

3.4 Risultati

I punteggi ottenuti in ogni domanda (8) per ciascuna immagine (70) sono stati standardizzati in relazione a tutti gli stimoli. Dalla standardizzazione sono stati esclusi i seguenti criteri: “piacere”, in quanto item *filler*, “connessione”, in quanto presentava una distribuzione platicurtica e “colori” e “vividezza”, poiché mostravano una distribuzione dicotomica.

Dopo aver ottenuto i punteggi standard, è stata effettuata la somma di tutti i parametri per calcolare il punteggio globale relativo alla complessità di ogni stimolo; i parametri relativi alla noia (1) e all’ordine (4) sono stati invertiti e successivamente sommati poiché presentavano un andamento inverso rispetto al parametro della complessità (Berlyne, 1974) (Tabelle 2 e 3).

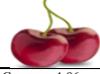
	ANIMALI	FRUTTA	MEZZI DI TRASPORTO	TECNOLOGIA	VISI M/F
S T I M O L I					
	Grezzo= -1.38 Standard= .51	Grezzo= -2.56 Standard= -1.47	Grezzo= -1.08 Standard= .18	Grezzo= -1.07 Standard= -.11	Grezzo= .13 Standard= -1.08
					
	Grezzo= -.71 Standard= .15	Grezzo= -2.1 Standard= -1.11	Grezzo= -.97 Standard= .07	Grezzo= -.45 Standard= .52	Grezzo= -.32 Standard= .47
					
	Grezzo= -.58 Standard= .22	Grezzo= -.86 Standard= -.10	Grezzo= -.46 Standard= .51	Grezzo= -.53 Standard= .39	Grezzo= -.30 Standard= 0.54
					
	Grezzo= -1.27 Standard= .32	Grezzo= -1.05 Standard= -.25	Grezzo= .43 Standard= 1.22	Grezzo= -.52 Standard= .49	Grezzo= -.36 Standard= .41
					
	Grezzo= -.53 Standard= .28	Grezzo= -1.47 Standard= -.54	Grezzo= -.57 Standard= .36	Grezzo= -.98 Standard= -.05	Grezzo= -.57 Standard= .38
					
Grezzo= -.07 Standard= .14	Grezzo= -1.72 Standard= -.85	Grezzo= -.28 Standard= .64	Grezzo= 2.02 Standard= .64	Grezzo= .16 Standard= .90	
					
Grezzo= -.65 Standard= .24	Grezzo= -1.86 Standard= -.89	Grezzo= -.73 Standard= .02	Grezzo= -.51 Standard= .38	Grezzo= -.53 Standard= .27	

Tabella 2 - Punteggi grezzi e standardizzati relativi alle immagini a colori

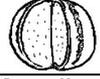
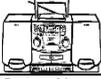
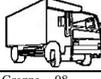
S					
	Grezzo= -1.08 Standard= -.18	Grezzo= -2.56 Standard= -1.47	Grezzo= -.5 Standard= .16	Grezzo= -.28 Standard= .37	Grezzo= .13 Standard= .65
I					
	Grezzo= -1.21 Standard= -.49	Grezzo= -.11 Standard= .36	Grezzo= -1.57 Standard= -.66	Grezzo= -.37 Standard= .28	Grezzo= -1.00 Standard= -.18
M					
	Grezzo= -1.12 Standard= -.44	Grezzo= -.09 Standard= .21	Grezzo= 1.35 Standard= 1.95	Grezzo= .06 Standard= .77	Grezzo= -.32 Standard= .56
O					
	Grezzo= -.62 Standard= .09	Grezzo= -.66 Standard= -.04	Grezzo= .08 Standard= .73	Grezzo= -.38 Standard= .38	Grezzo= -.9 Standard= -.17
L					
	Grezzo= -0.82 Standard= -.14	Grezzo= -0.96 Standard= -.19	Grezzo= -0.26 Standard= .47	Grezzo= -0.66 Standard= .09	Grezzo= -0.28 Standard= .45
I					
	Grezzo= -1.01 Standard= -.33	Grezzo= -1.98 Standard= -1.15	Grezzo= 0.31 Standard= .90	Grezzo= -0.13 Standard= .46	Grezzo= -.16 Standard= .49
N					
	Grezzo= -0.78 Standard= -.20	Grezzo= -1.62 Standard= -.76	Grezzo= -1.37 Standard= -.58	Grezzo= -1.35 Standard= -.51	Grezzo= -.15 Standard= .40

Tabella 3 - Punteggi grezzi e standardizzati relativi alle immagini in bianco e nero

Per calcolare il valore globale della complessità di ciascuna immagine, sono stati presi in considerazione i seguenti criteri: la noia, le parti e l'ordine.

Per controllare la complessità della categoria di appartenenza, è stato elaborato un disegno di analisi della varianza a misure ripetute con due variabili *within subject*, 2 (Tipologia di immagini: a colori vs in bianco e nero) x 5 (Categorie: animali, frutta, mezzi di trasporto, strumenti tecnologici e visi) assumendo i diversi criteri della complessità come variabili dipendenti.

Per quanto riguarda il giudizio globale relativo al criterio noia, la variabile tipologia di immagini presenta effetti significativi, $F(1, 132) = 21,34, p < .000$. Questo dato indica che le immagini in bianco e nero delle cinque categorie sono state giudicate

più noiose rispetto alle immagini a colori. Anche la variabile categorie presenta effetti significativi, $F(4, 612) = 7,4, p < .000$. Le immagini a colori ed in bianco e nero relative alle categorie animali e frutta sono state giudicate meno noiose rispetto alle immagini delle altre categorie (mezzi di trasporto, strumenti tecnologici e visi) (Figura 1).

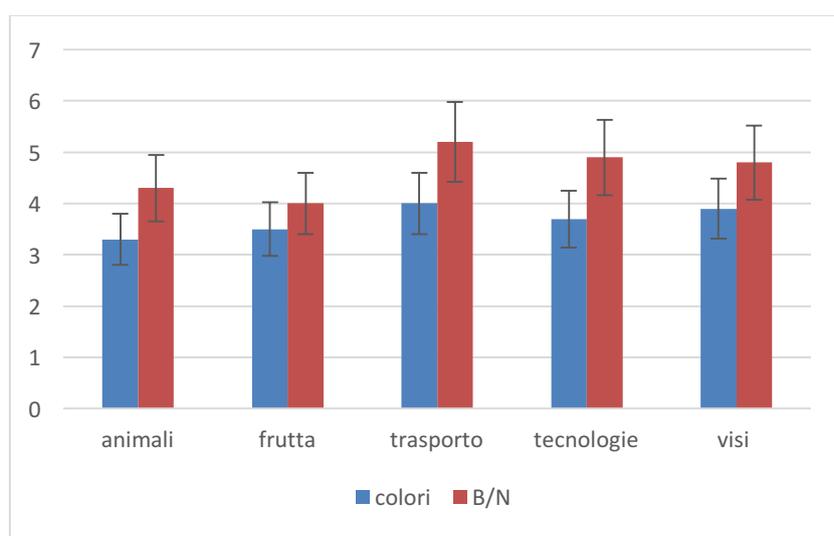


Figura 1 - Medie e DS relative al criterio noia

In relazione al giudizio globale relativo al criterio ordine, la variabile tipologia di immagini presenta effetti significativi, $F(1, 131) = 86,85, p < .001$. Questo dato indica che le immagini a colori delle cinque categorie sono state giudicate più ordinate di quelle in bianco e nero. Anche la variabile categorie presenta effetti significativi, $F(4, 612) = 5,31, p < .001$. Nello specifico, le immagini a colori appartenenti alla categoria strumenti tecnologici sono state giudicate più ordinate rispetto alle immagini a colori delle altre categorie ($t(131) = 1,88, p < .005$) (Figura 2).

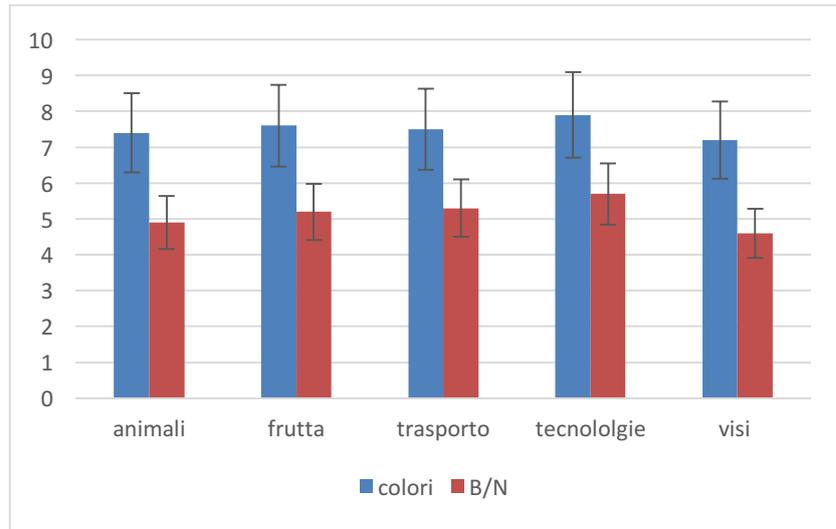


Figura 2 - Medie e DS relative al criterio ordine

Per quanto riguarda il giudizio globale relativo al criterio numerosità delle parti, la variabile tipologia di immagini non presenta effetti significativi. Nonostante non ci fossero differenze statisticamente significative, le immagini a colori di tutte le categorie sono state giudicate con più parti rispetto alle immagini in bianco e nero. La variabile categorie presenta effetti significativi, $F(4, 612) = 3,83, p < .01$. Dai dati emerge che le immagini delle categorie trasporti e visi sono state giudicate con un elevato numero di parti rispetto alle immagini delle altre categorie ($t(131) = 1,87, p < .007$; $t(131) = 1,85, p < .006$) (Figura 3).

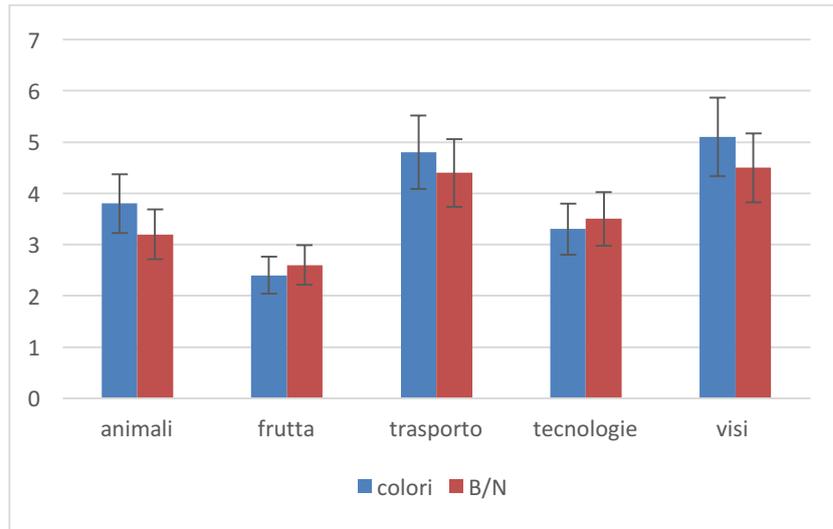


Figura 3 - Medie e DS relative al criterio parti

Per ognuna delle 70 immagini, i risultati relativi ad ognuno dei tre criteri (noia, parti e ordine) sono stati correlati al giudizio di complessità delle singole immagini (domanda: “quanto è complessa l’immagine?”). L’applicazione dei coefficienti di *Pearson* ha evidenziato che il parametro noia e il parametro complessità correlano in modo significativo e negativo nel 75% degli item. Il parametro numerosità delle parti e il parametro complessità correlano in modo significativo e positivo nell’85% degli item. Infine, il parametro ordine e il parametro complessità correlano in modo significativo e negativo nel 90% degli item. I livelli di correlazione mostrano un andamento compatibile con la definizione dei criteri.

Sommando i tre parametri, è stato ottenuto un giudizio globale relativo al criterio complessità. In riferimento a questo parametro composito, la variabile tipologia di immagini non presenta effetti significativi. Questo dato indica che il giudizio di complessità composito non sembra essere correlato al fatto che un’immagine sia a colori o in bianco e nero. Invece, la variabile categoria mostra effetti significativi, F

(4, 621) = 8,27, $p < .05$. Nello specifico, le immagini relative alle categorie trasporto, tecnologie e visi sono state giudicate più complesse rispetto alle altre categorie (Figura 4).

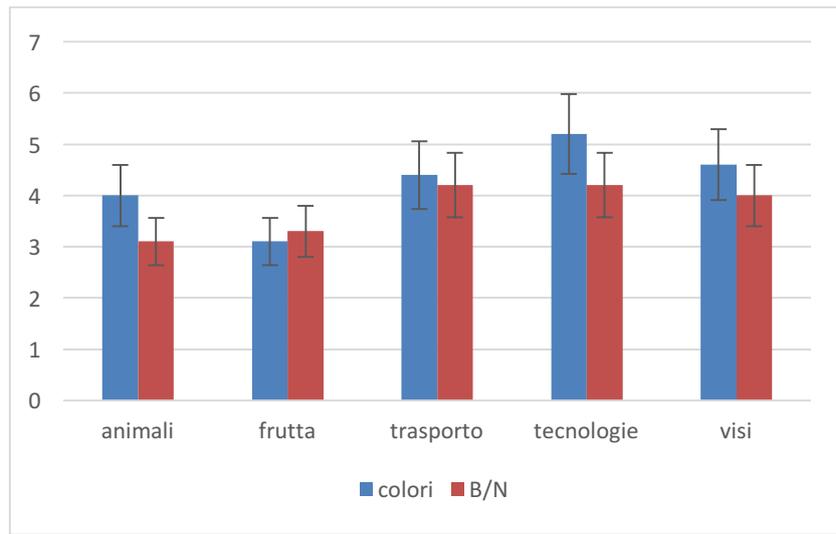


Figura 4 - Medie e DS relative al parametro composito Complessità

3.5 Discussione

L'obiettivo generale del presente lavoro era quello di fornire alla comunità scientifica un contributo per l'operazionalizzazione del costrutto di complessità relativo ad immagini a colori e in bianco e nero. Come è emerso nell'introduzione, il costrutto non è lineare e attualmente non esiste una rassegna che delinea un punto di vista comunemente accettato dai ricercatori che si occupano di complessità.

Innanzitutto, una questione basilare è comprendere se la complessità possa essere considerata un costrutto dominio-generale (e quindi trans-disciplinare) oppure dominio-specifico (e quindi con proprietà, dimensioni e significati differenti secondo

le differenti prospettive scientifiche). In questo studio, è stata presa in considerazione la seconda prospettiva (dominio-specifico). Nello specifico, dopo un'analisi della letteratura sulla complessità delle immagini, è stato creato un questionario facendo riferimento alle coerenze emerse fra i diversi autori sulla definizione di complessità delle immagini (Tabella 1). Inoltre, per verificare la coerenza fra la complessità percepita e ognuna delle costanze emerse (noia, parti, connessione delle parti, ordine, piacere, colori e vividezza dei colori), è stato valutato anche il giudizio di complessità composito.

Un altro obiettivo dello studio era analizzare i differenti livelli di complessità delle categorie di appartenenza delle immagini (animali, frutta, mezzi di trasporto, strumenti tecnologici e visi). Dai dati, emerge che le immagini delle categorie trasporto, tecnologie e visi sono state giudicate più complesse rispetto alle altre categorie. Inoltre, il giudizio di complessità (costituito dai criteri noia, numerosità delle parti e ordine) non sembra essere correlato al fatto che un'immagine sia a colori o in bianco e nero.

L'ultimo obiettivo del lavoro era quello di fornire alla comunità scientifica un catalogo di immagini a colori e in bianco e nero (visualizzabile al seguente link <https://github.com>) con il relativo indice di complessità. Tale catalogo potrebbe essere utilizzato in diversi ambiti di applicazione (ad esempio clinico/sperimentale, marketing/pubblicitario ecc).

Per quanto riguarda l'ambito clinico/sperimentale, questo catalogo potrebbe essere utile a tutti quei ricercatori che, attraverso la somministrazione di immagini semplici e complesse, vogliono indagare la risposta visiva di soggetti con diverse patologie, quali Disturbo dello Spettro Autistico, Disturbi Specifici dell'Apprendimento, Deficit di Attenzione ed Iperattività, Sindrome di Rett (Wagner

et al., 2016; Maehler & Schuchardt, 2016; Fabio et al., 2016). Questo aspetto potrebbe avere implicazioni cliniche importanti. La conoscenza del modo in cui gli individui, in differenti condizioni di stimolazione sensoriale, percepiscono le immagini semplici e complesse potrebbe permettere di indagare e approfondire le difficoltà specifiche di determinate patologie e le ricadute che queste difficoltà possano avere su importanti funzioni cognitive (quali l'attenzione e la memoria).

In relazione all'ambito del marketing e della pubblicità, questo catalogo di immagini potrebbe servire a quei ricercatori che vogliono valutare come la complessità degli stimoli visivi (ad esempio immagini, foto, loghi, prodotti pubblicitari ecc) possa influenzare le risposte dei consumatori. Questo aspetto potrebbe essere molto utile per comprendere il motivo per il quale, ad esempio, alcuni loghi complessi siano riconosciuti maggiormente rispetto a quelli semplici (Van Grinsven & Das, 2016).

In conclusione, data l'importanza e il peso che la complessità assume sui processi cognitivi dell'individuo (attenzione, memoria, apprendimento), la ricerca futura dovrebbe focalizzarsi sui seguenti aspetti: a) l'affinamento degli strumenti di misurazione già esistenti e la creazione di nuovi che tengano conto di un approccio interdisciplinare della complessità; b) lo studio di stimoli semplici e complessi provenienti da altri domini sensoriali (ad esempio uditivi); c) la valutazione di immagini semplici e complesse sia statiche sia dinamiche ed infine d) l'analisi della complessità in soggetti di età diverse (età evolutiva e adulta) con sviluppo tipico e atipico.

IV CAPITOLO

Attenzione e memoria di riconoscimento di immagini semplici e complesse nei soggetti autistici: uno studio di eye - tracking

4.1 Introduzione

La capacità di selezionare con gli organi di senso le informazioni derivanti dall'ambiente circostante è alla base della conoscenza umana. Questa selezione è controllata da processi endogeni, quali aspettative, interessi e scopi dell'individuo (Joye, Sheg, Ünal & Pals, 2016) e da processi esogeni dipendenti dalle caratteristiche fisiche degli stimoli, quali familiarità, complessità (Keehn, Müller & Townsend, 2013). Per quanto riguarda la complessità, in base all'ambito di applicazione, diversi studiosi hanno fornito differenti definizioni: complessità computazionale (Goldreich, 2008), complessità di grana (Gell-Mann, 1995), complessità informatica o algoritmica (Kolgomorov, 1965; Chaitin, 1974), complessità effettiva (Gell-Mann, 1995), complessità relazionale (Holland, 1975), complessità percettiva delle immagini (Birkhoff, 1932; Eysenk, 1942; Berlyne, 1974; Boseline & Leeuwenberg, 1984; Reber et al., 2004; Maeda, 2006; Birkin, 2010; Nadal et al., 2010; Massaro et al., 2012; Marin & Leder, 2013) ed in ultima analisi complessità geometrica (Westerman et al., 2012; Van Oel & Van Den Berkhof, 2013; Vartanian et al., 2013; Palumbo, Ruta & Bertamini, 2015; Salgado-Montejo et al., 2015; Bertamini et al., 2016; Gómez-Puerto et al., 2016; Palumbo & Bertamini, 2016; Velasco et al., 2016; Cotter et al., 2017). Nella presente tesi, sono state indagate nello specifico la complessità geometrica

(Attenzione e memoria di riconoscimento di figure geometriche semplici e complesse nei soggetti autistici: uno studio di eye-tracking) e la complessità percettiva di immagini appartenenti a diverse categorie.

Per quanto riguarda la complessità percettiva delle immagini, gli studiosi che si sono occupati di questo tipo di complessità hanno fornito numerose definizioni del costrutto (Tabella 1 - pag. 66). Ognuna di esse presenta degli svantaggi o delle incoerenze e allo stato attuale emerge la difficoltà di giungere ad un'unica definizione del costrutto e delle sue componenti costitutive (Birkhoff, 1932; Eysenk, 1942; Berlyne, 1974; Boseline & Leeuwenberg, 1984; Reber et al., 2004; Maeda, 2006; Birkin, 2010; Nadal et al., 2010; Massaro et al., 2012; Marin & Leder, 2013). A tal proposito, la ricerca presentata nel capitolo precedente (Immagini semplici e complesse. Operazionalizzazione del costrutto, standardizzazione e complessità categoriale) rappresenta un tentativo di operazionalizzare il costrutto di complessità percettiva di immagini appartenenti a diverse categorie (sociali e non sociali). Nello specifico, sono stati creati due strumenti che potrebbero essere utilizzati dai ricercatori che si occupano di complessità in diversi contesti e con differenti gruppi di soggetti (un questionario costituito dalle costanze emerse tra i diversi studiosi - noia, parti, connessione delle parti, ordine, piacere, colori e vividezza dei colori - ed un catalogo di immagini a colori e in bianco e nero tarate e standardizzate (Tabella 2 - pag. 69; Tabella 3 - pag. 70). La conoscenza del modo in cui gli individui, in differenti condizioni di stimolazione sensoriale, percepiscono le immagini semplici e complesse potrebbe permettere di indagare e approfondire le difficoltà specifiche di determinate patologie e le ricadute che queste difficoltà possono avere su importanti funzioni cognitive (quali l'attenzione e la memoria). A tale scopo, è stata condotta una ricerca

che, servendosi di queste immagini tarate e standardizzate (con due livelli di complessità: alta vs bassa), ha indagato le risposte (di attenzione e di memoria) dei soggetti del gruppo con ASD e del gruppo con TD.

4.2 Ipotesi e obiettivi dello studio

L'obiettivo generale del presente lavoro è comprendere se sia prioritario il deficit di esplorazione visiva verso gli stimoli sociali (volti) nello sviluppo della sintomatologia ASD oppure se quest'ultimo sia secondario ad un deficit aspecifico di attenzione visiva presente sin dalle prime fasi di elaborazione dello stimolo. In base alla letteratura esaminata, tra le variabili che potrebbero determinare il deficit attentivo verso gli stimoli sociali e non sociali, in questa ricerca è stata presa in considerazione la complessità percettiva (alta vs bassa) di immagini appartenenti a diverse categorie. Nello specifico, lo studio si propone innanzitutto di indagare le risposte attentive verso immagini ad alta e a bassa complessità in due gruppi di soggetti (ASD vs TD). Inoltre, considerata l'influenza che questo deficit di attenzione visiva potrebbe avere sullo sviluppo di alcuni processi cognitivi (ad esempio, l'apprendimento, la memoria, il linguaggio), la ricerca vuole anche valutare la memoria di riconoscimento di queste immagini con due livelli di complessità.

Sulla base di quanto affermato, la logica sottostante della presente ricerca è la seguente:

- a) se il tempo di osservazione e il numero di riconoscimenti dei soggetti con ASD fosse intaccato sia nelle immagini a bassa complessità sia in quelle ad alta complessità, ciò deporrebbe a favore dell'ipotesi del deficit aspecifico di

attenzione visiva presente sin dall'inizio;

b) qualora i bambini con ASD guardassero e riconoscessero maggiormente le immagini a bassa complessità (sociali e non-sociali) rispetto a quelle ad alta complessità, allora il fattore causale potrebbe essere il livello di complessità;

c) infine, se esistesse una differenziazione di esplorazione visiva e di riconoscimento in entrambe le due tipologie di stimoli (sociali e non sociali) sia a bassa che ad alta complessità, ciò significherebbe che il fattore causale non è la complessità, bensì il deficit di esplorazione visiva degli stimoli sociali.

In relazione alle ipotesi sopracitate (a, b, c), i soggetti con ASD potrebbero presentare:

1. scarse prestazioni anche nell'esplorazione degli stimoli a bassa complessità (deficit aspecifico di attenzione visiva);
2. prestazioni peggiori nell'esplorazione visiva degli stimoli ad alta complessità piuttosto che quelli a bassa complessità (deficit causato dalla complessità degli stimoli);
3. prestazioni peggiori solo con gli stimoli sociali (visi) (deficit di esplorazione visiva degli stimoli sociali).

Il disegno di studio è un disegno sperimentale fattoriale misto con una variabile *between subject* e due variabili *within subject*: 2 (Gruppi: ASD vs TD) x 2 (livello di complessità: alta e bassa) x 5 (categorie di immagini: visi, frutta, animali, mezzi di trasporto, strumenti tecnologici).

4.3 Metodo

4.3.1 Soggetti

Il campione della ricerca è costituito da 15 soggetti con ASD (M=11, F=4) di età compresa tra i 36 e i 72 mesi (M=61.73; DS= 11.31) che sono stati appaiati per genere ed età mentale con 15 soggetti con TD (M=11, F=4; M= 51.00; DS= 10.41) (Tabella 1). Il campione era inizialmente composto da 48 soggetti (26 con ASD e 22 con TD). Da questi, sono stati esclusi i soggetti (11 con ASD e 7 con TD) che non avevano portato a termine il compito (difficoltà a rimanere seduti, movimenti eccessivi del capo e/o del corpo) e che non avevano superato la sequenza di calibrazione.

I soggetti appartenenti al gruppo con ASD (n = 15) sono stati reclutati presso alcuni centri per l'Autismo (Istituto di Scienze Applicate e Sistemi Intelligenti (ISASI) - Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) - di Messina; Azienda Ospedaliera Universitaria "G. Martino" di Messina e Azienda Sanitaria Provinciale di Catania - ASP 3). Ogni soggetto aveva ricevuto da un'equipe specializzata (due neuropsichiatri e due psicologi) una diagnosi formale di "Disturbo dello Spettro Autistico" secondo i criteri diagnostici del DSM-5 (APA, 2013). Per la diagnosi, è stata utilizzata l'*Autism Diagnostic Observation Schedule - 2 edition* (ADOS - 2; Lord et al., 2012). Il profilo cognitivo è stato valutato attraverso le *Griffiths Mental Development Scales* (GMDS) (Griffith et al., 2006). Nello specifico, sono state utilizzate soltanto quelle scale che potevano essere correlate con la funzione cognitiva indagata (attenzione), quali "Linguaggio, Oculo-Manuale, Performance e Ragionamento Pratico". Ai bambini che non avevano ancora compiuto il quarto anno di età non è stata somministrata la scala

del ragionamento pratico poiché quest'ultima richiede competenze e abilità che si sviluppano nel bambino in età successive (Griffith et al., 2006)

I soggetti con sviluppo tipico (n = 15) sono stati reclutati in alcune Scuole per l'Infanzia di Messina e Catania. Nessuno di questi presentava disturbi psichiatrici o neurologici e non aveva parenti di primo grado con tali patologie.

La ricerca è stata approvata dal comitato etico del Dipartimento di Scienze Cognitive, Psicologiche, Pedagogiche e degli Studi Culturali dell'Università degli Studi di Messina. Per partecipare allo studio, i genitori dei bambini di entrambi i gruppi che hanno deciso di aderire alla ricerca hanno dovuto firmare il consenso informato.

	ASD (N=15) Media (DS)	TD (N=15) Media (DS)	<i>t</i> (29)- <i>value</i>	<i>p</i> - <i>value</i>
Età (mesi)	61.73 (11.31)	51.00 (10.41)	2.70	.01
Genere (M : F)	11:4	11:4	---	---
Età Mentale (GDMS)	51.67 (10.52)	55.13 (12.04)	-.83	.40
EM Linguaggio	57.00 (11.97)	59.13 (13.00)	-.46	.64
EM Oculo Manuale	54.20 (12.42)	53.13 (13.16)	.22	.82
EM Performance	59.00 (14.48)	60.53 (15.37)	-.28	.78
EM Ragionamento Pratico	36.79 (13,61)	47.89 (17.24)	-1.72	.10
ADOS - 2 Totale	14.6 (5.0)	---	---	---

Tabella 1 – Caratteristiche cliniche e demografiche del campione

4.3.2 Procedura

Per testare queste ipotesi, è stato costruito un compito facendo riferimento ad alcuni studi esaminati (Nadal et al., 2010; Elsabbagh et al., 2013a). La procedura

utilizzata in questa ricerca è simile a quella presentata nello studio “Attenzione e memoria di riconoscimento di figure geometriche semplici e complesse nei soggetti autistici: uno studio di eye-tracking” (pag.37). L’unica differenza è che in questa ricerca è stata utilizzata una diversa categoria di stimoli (immagini ecologiche e naturalistiche). Queste immagini sono state reperite nello studio “Immagini semplici e complesse. Operazionalizzazione del costrutto, standardizzazione e complessità categoriale” descritto nel capitolo precedente. Le immagini (12 x 12 centimetri) sono state inserite all’interno di matrici (n=6) e distribuite in maniera casuale (Figura 1). L’ordine di presentazione delle matrici è stato randomizzato e controbilanciato per tutti i partecipanti allo studio.

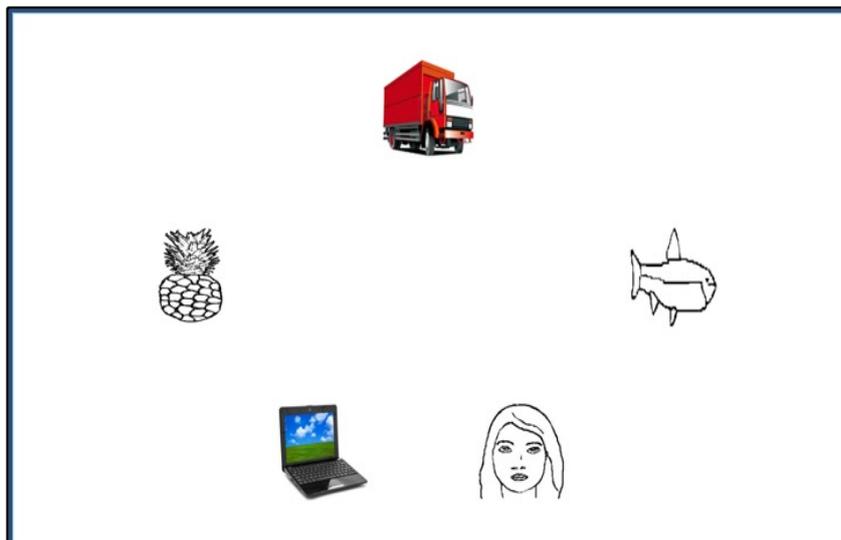


Figura 1 – Matrice con stimoli sociali e non sociali

Il task finale, costituito da 49 slides (calibrazione, matrici, punti di fissazione, compiti di memoria di riconoscimento), è stato inserito nell’*eye-tracking* (Elsabbagh et al., 2013a). Il compito ha una durata media di 4-5 minuti circa. Per la procedura, si

rimanda al capitolo 2 (“Attenzione e memoria di riconoscimento di figure geometriche semplici e complesse nei soggetti autistici”).

Per estrapolare i dati relativi all’esplorazione visiva di ogni soggetto, anche in questo studio sono state inserite le AOI (Aree di Interesse): 6 AOI nelle matrici (cinque per le immagini e una totale) (Figura 2), 1 AOI per il punto di fissazione (Figura 3) e 2 AOI nei compiti di memoria di riconoscimento (Figura 4). Le AOI avevano tutte le stesse dimensioni.

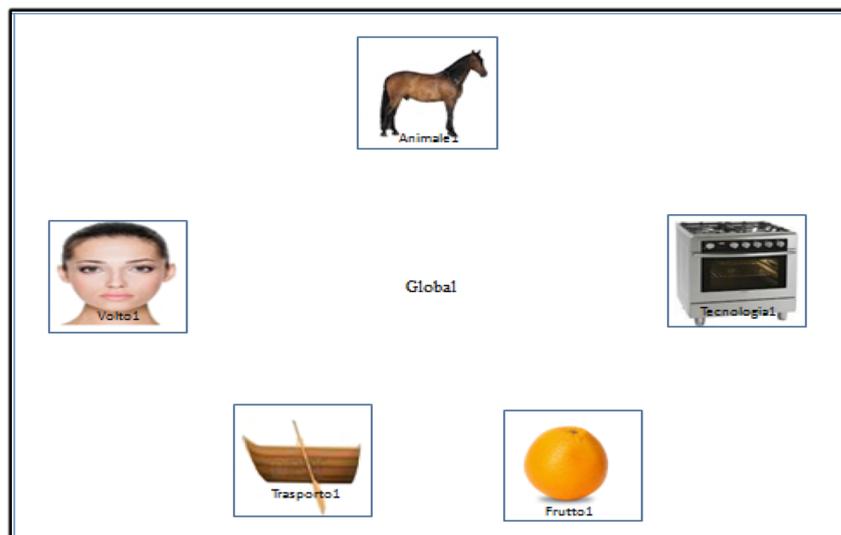


Figura 2 - AOIs Matrice

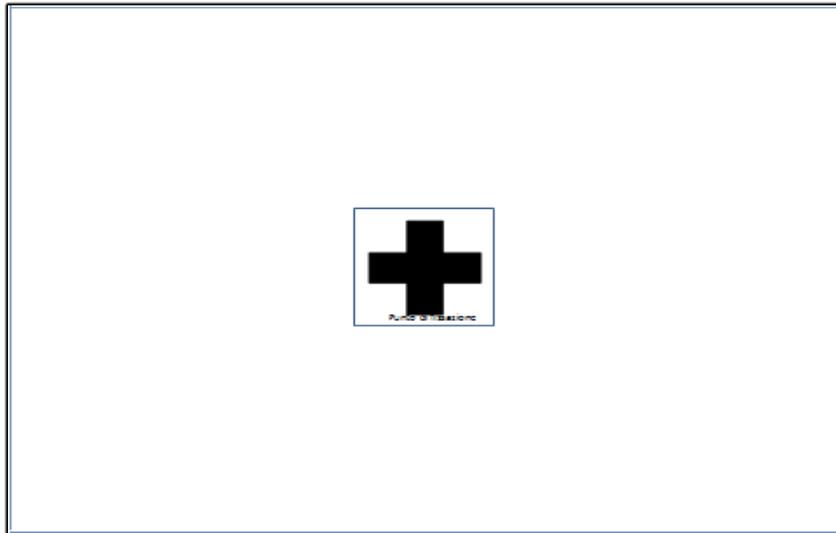


Figura 3 - AOIs Punto di fissazione



Figura 4 - AOIs Compito di memoria di riconoscimento

Le AOI delle matrici sono state etichettate utilizzando la categoria di appartenenza dell'immagine (frutta, animale, mezzo di trasporto, strumento tecnologico e viso) e un numero che corrispondeva alla matrice (Figura 2); per le AOI dei compiti di memoria di riconoscimento, lo stimolo target manteneva l' etichetta che aveva nella matrice di

appartenenza (Figura 2), mentre per lo stimolo “distrattore” si utilizzava la categoria di appartenenza, un numero progressivo e l’abbreviazione “Distr” (Figura 4).

Per le immagini delle matrici, sono stati valutati i seguenti parametri: il numero delle fissazioni (*Fixation Count*), la lunghezza delle fissazioni (*Fixation Time*) e il tempo intercorso prima della prima fissazione (*Entry Time*) (Elsabbagh et al., 2013a). Per gli stimoli dei compiti di memoria di riconoscimento, è stata valutata la lunghezza delle fissazioni (*Fixation Time*) dello stimolo target e dello stimolo distrattore e la correttezza delle risposte (0=sbagliata, 1=corretta).

4.4 Analisi statistica

I dati sono stati analizzati utilizzando il programma SPSS - 24. Le statistiche descrittive relative alle caratteristiche del campione sperimentale sono state presentate separatamente per i soggetti con ASD e i soggetti con TD. I confronti tra i due gruppi sono stati effettuati utilizzando il Test t di Student per campioni indipendenti. Le statistiche descrittive dei due gruppi mostrano che ci sono differenze significative soltanto per quanto riguarda l’età cronologica, $t(29) = 2,70$, $p < .01$, mentre per quanto le altre variabili non emergono effetti statisticamente significativi (Tabella 1 pag. 82)

Per l’analisi dei parametri estrapolati dall’*eye-tracker*, sono stati utilizzati i seguenti test: analisi della varianza a misure ripetute e Test t di Student per campioni appaiati. I dati sono stati analizzati tenendo in considerazione due parametri: *esplorazione visiva* (FT, FC e ET) e *memoria di riconoscimento* (FT e correttezza delle risposte) di entrambi i gruppi (ASD vs TD).

Sono stati considerati statisticamente significativi i risultati con un valore $p < 0.05$. Per tutti i test statistici, nei casi in cui gli effetti erano statisticamente significativi, è stata calcolata la potenza dell'effetto

4.5 Risultati

I risultati sono stati presentati in relazione ai parametri di esplorazione visiva e memoria di riconoscimento. Prima di analizzare questi due parametri, è stato valutato in generale il tempo di osservazione delle sei matrici di entrambi i gruppi. A tal proposito, è stata effettuata un'analisi della varianza a misure ripetute a due vie, 2 (Gruppi: ASD vs TD) X 6 (Ordine delle matrici: I, II, III, IV, V e VI).

Dall'analisi emerge che, per quanto riguarda il fattore Ordine delle matrici non emergono differenze statisticamente significative. Questo dato indica che ognuna delle sei matrici è stata esplorata per lo stesso tempo da entrambi i gruppi.

Esplorazione visiva

Per valutare l'esplorazione visiva, sono stati presi in considerazione i seguenti parametri: la lunghezza delle fissazioni (*Fixation Time*), il numero delle fissazioni (*Fixation Count*) e il tempo intercorso prima della prima fissazione (*Entry Time*) (Elsabbagh et al., 2013a).

Per quanto riguarda il parametro *Fixation Time* (lunghezza delle fissazioni), i dati sono stati elaborati con un disegno di analisi multivariata della varianza a misure ripetute 2 (Gruppi: ASD vs TD) X 2 (Livelli di complessità: Bassa vs Alta) X 5

(Categorie analizzate: trasporto, animale, viso, tecnologia e frutta) X 3 (Numero di item all'interno di ogni categoria). Dai risultati, emerge che la variabile Gruppi presenta effetti significativi, $F(1, 32) = 4,63, p < 0.003, \eta^2p = 0.91$. Questo dato indica che i soggetti con ASD, rispetto ai soggetti con TD, guardano per un tempo minore gli stimoli all'interno delle matrici, $F(1, 32) = 4,61, p < 0.005, \eta^2p = 0.72$.

Anche la variabile Complessità presenta effetti significativi, $F(1, 32) = 4,45, p < 0.004, \eta^2p = 0.74$. Ciò significa che entrambi i gruppi guardano in misura maggiore gli stimoli ad alta complessità rispetto a quelli a bassa complessità (Figura 5).

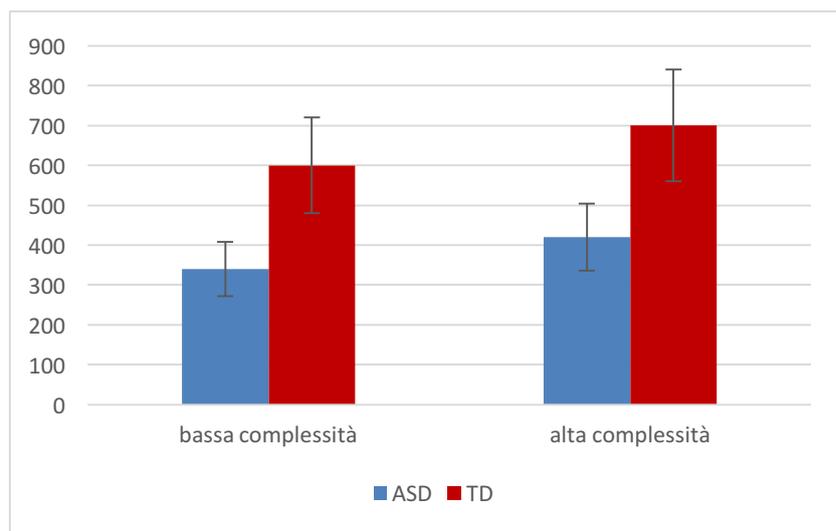


Figura 5 - Media e DS del parametro FT relativo alla complessità

L'interazione Gruppi x Complessità non presenta effetti significativi. Questo dato indica che i due gruppi si comportano allo stesso modo: quando lo stimolo è a bassa complessità guardano di meno; quando lo stimolo è ad alta complessità guardano di più. Dall'analisi dei post-hoc, effettuata attraverso il Test t di student per dati

dipendenti e tramite il confronto di ogni singola categoria nelle due versioni di bassa e alta complessità, emerge che i soggetti con ASD tendono a guardare il viso a bassa e ad alta complessità per la stessa durata di tempo, $t(17) = 0,181$, $p < 0,48$; mentre i soggetti con TD guardano per un tempo maggiore i visi ad alta complessità, $t(17) = 0,89$, $p < .05$. Inoltre, per quanto riguarda la variabile Categorie, emergono delle differenze significative, $F(4, 128) = 4,45$, $p < .002$, $\eta^2p = 0.88$. Nello specifico, entrambi i gruppi guardano in misura maggiore le categorie visi, trasporti e tecnologie e per un tempo minore le categorie animali e frutta (Figura 6).

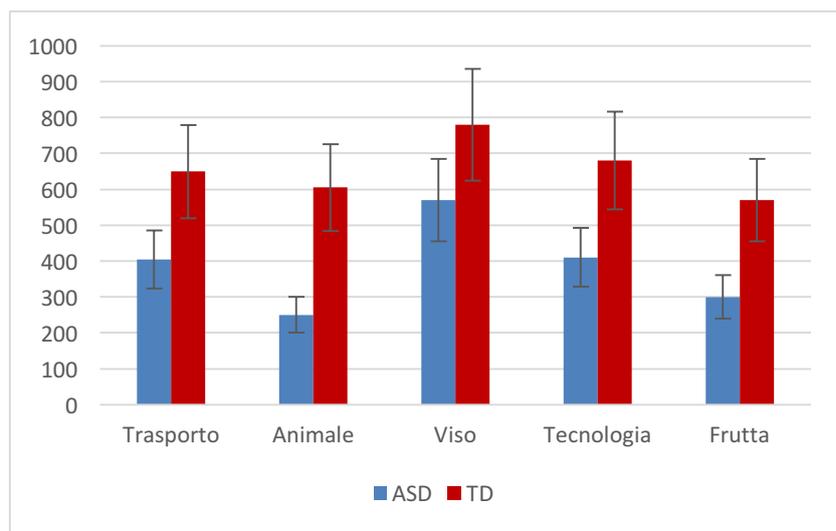


Figura 6 - Media e DS del parametro FT relativo alle categorie

In relazione al secondo parametro analizzato (*Fixation Count* - numero delle fissazioni), la variabile Gruppi presenta effetti significativi, $F(1, 32) = 9,63$, $p < 0.001$, $\eta^2p = 0.92$. Nello specifico, è stato rilevato che il numero di fissazioni di ognuno degli stimoli delle cinque categorie è più elevato nei soggetti con TD. Anche la variabile

Complessità presenta effetti significativi, $F(1, 32) = 7,13$, $p < 0.01$, $\eta^2p = 0.90$. Questo dato indica che i soggetti di entrambi i gruppi, di fronte ad uno stimolo più complesso, tendono ad osservare lo stimolo per un numero di volte maggiore (Figura 7).

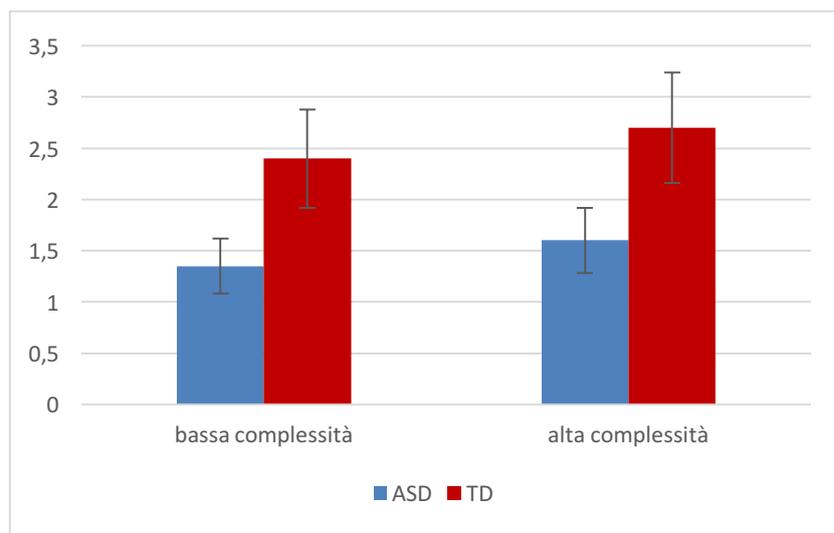


Figura 7 - Media e DS del parametro FC relativo alla complessità

Per quanto riguarda l'interazione Gruppi X Complessità, anche per questo parametro, non emergono differenze statisticamente significative. Dall'analisi dei post-hoc, effettuata attraverso il Test t di Student per dati dipendenti e tramite il confronto di ogni singola categoria nelle due versioni di bassa e alta complessità, non emergono differenze statisticamente significative tra i due gruppi. Questo dato indica che i due gruppi guardano in egual misura sia gli stimoli a bassa complessità sia gli stimoli ad alta complessità.

Per quanto riguarda la variabile Categorie, emergono differenze statisticamente significative, $F(4, 128) = 3,78$, $p < 0.001$, $\eta^2p = 0.90$. Questo dato indica che alcune

categorie tendono ad essere guardate per un numero di volte maggiore. Infine, l'interazione Gruppi X Categorie non presenta effetti significativi (Figura 8).

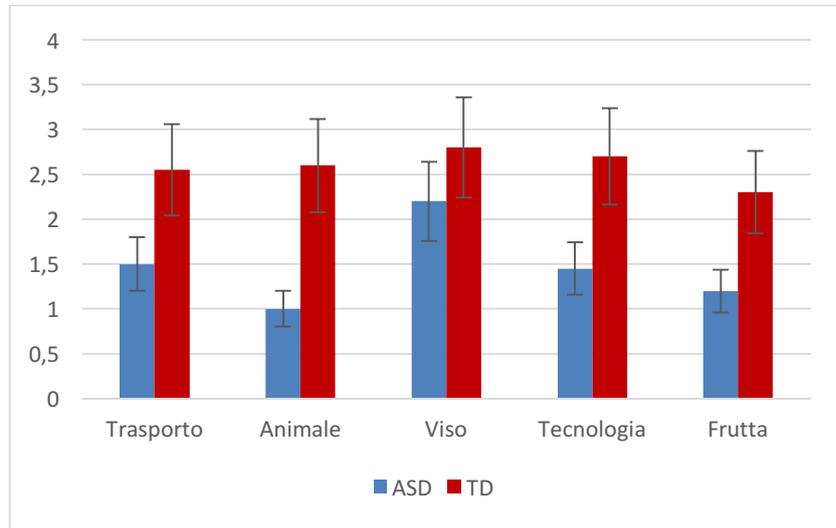


Figura 8 - Media e DS del parametro FC relativo alle categorie

In riferimento al terzo parametro dell'esplorazione visiva (*Entry Time* - Tempo intercorso prima della prima fissazione), non emergono differenze statisticamente significative in nessuna delle variabili considerate.

Memoria di riconoscimento

Per quanto riguarda la memoria di riconoscimento, sono stati presi in considerazione due parametri: *Fixation Time* (Lunghezza delle fissazioni) verso lo stimolo target e verso lo stimolo distrattore e la correttezza delle risposte.

In relazione al primo parametro (*Fixation Time* - Lunghezza Fissazioni), è stato elaborato un disegno di analisi della varianza a misure ripetute 2 (Gruppi: ASD vs TD) X 2 (Complessità: Alta vs Bassa) X 5 (Categorie: Trasporto, Animale, Viso,

Tecnologia e Frutta) X 2 (Stimoli: Target vs Distrattore). Dall'analisi, emerge che la variabile Gruppi presenta effetti significativi, $F(1, 32) = 3,28, p < 0.005, \eta^2p = 0.90$. Questo dato indica che i soggetti con ASD, rispetto ai soggetti con TD, tendono a guardare per un tempo minore lo stimolo target (cioè quello osservato nel compito di esplorazione visiva). Inoltre, i soggetti con ASD, rispetto ai soggetti con TD, tendono in generale a guardare in maniera inferiore sia il target sia il distrattore. Questo potrebbe ovviamente incidere sulla memoria di riconoscimento.

Per quanto riguarda la correttezza delle risposte relative al riconoscimento, è stato elaborato un disegno di analisi della varianza a misure ripetute 2 (Gruppi: ASD vs TD) X 2 (Complessità: Alta e Bassa) X 5 (Categorie: Trasporto, Animale, Viso, Tecnologia e Frutta). Dall'analisi, emerge che la variabile Gruppi presenta effetti significativi, $F(1, 32) = 6,16, p < 0.001, \eta^2p = 0.90$. Questo dato indica che i soggetti con ASD, rispetto ai soggetti con TD, presentano un numero di risposte corrette minore. Questo risultato è congruente con i risultati ottenuti nell'esplorazione visiva. Quindi, i soggetti con ASD esplorano e ricordano in misura minore gli stimoli ad alta e bassa complessità rispetto ai soggetti con TD. Inoltre, dai dati emerge che la variabile Complessità non incide nel riconoscimento degli stimoli. Questo dato indica che entrambi i gruppi tendono a fornire lo stesso numero di risposte corrette a prescindere dal fatto che uno stimolo sia a bassa o ad alta complessità (Tabella 2).

STIMOLI	ASD Media (DS)	TD Media (DS)
Bassa Complessità		
Categoria_Trasporti	1.93 (.77)	2.56 (.62)
Categoria_Animali	2.00 (.73)	2.31 (.79)
Categoria_Visi	1.68 (1.19)	2.18 (.91)
Categoria_Tecnologia	1.93 (.77)	2.06 (.99)
Categoria_Frutta	2.37 (.71)	2.43 (.62)
Alta Complessità		
Categoria_Trasporti	1.68 (.94)	2.62 (.61)
Categoria_Animali	2.00 (.73)	2.43 (.72)
Categoria_Visi	2.00 (.96)	2.18 (.83)
Categoria_Tecnologia	1.87 (.71)	2.50 (.73)
Categoria_Frutta	1.93(1.12)	2.37 (.86)

Tabella 2 - Medie e DS relative al numero di risposte corrette nei compiti di memoria di riconoscimento

4.6 Discussione

L'obiettivo generale del presente lavoro è comprendere se sia prioritario il deficit di esplorazione visiva degli stimoli sociali (volti) nello sviluppo della sintomatologia ASD oppure se quest'ultimo sia secondario ad un deficit aspecifico di attenzione visiva presente sin dalle prime fasi di elaborazione dello stimolo. In base alla letteratura esaminata, tra le variabili che potrebbero determinare il deficit attentivo verso gli stimoli sociali e non sociali, in questa ricerca è stata valutata la complessità percettiva di immagini appartenenti a diverse categorie. L'idea di base è indagare se sia la percezione della complessità delle immagini a determinare il deficit di esplorazione visiva degli stimoli sociali nei soggetti con ASD. I dati sono stati analizzati tenendo in considerazione due parametri: esplorazione visiva e memoria di riconoscimento.

I risultati relativi all'esplorazione visiva indicano che i soggetti con ASD guardano le immagini ad alta complessità esattamente come fanno i soggetti con TD; in base a quanto detto, la prima ipotesi (a - fattore causale: complessità dello stimolo) non può essere confermata. Quindi, il fattore discriminante tra i due gruppi non sembra essere la complessità, ad eccezione della categoria dei volti. In questo caso, i soggetti con ASD guardano per la stessa durata di tempo sia i volti a bassa complessità sia i volti ad alta complessità, mentre i soggetti con TD guardano maggiormente i volti ad alta complessità.

Analizzando la terza ipotesi (c - stimolo sociale vs stimolo non sociale), entrambi i gruppi tendono a guardare maggiormente la categoria Viso (stimolo sociale) rispetto alle categorie Trasporto e Tecnologia (stimolo non sociale). In base a questi risultati, neanche la seconda ipotesi (fattore causale: stimolo sociale vs stimolo non sociale) può essere confermata.

Quindi, dato che nei soggetti con ASD il deficit di esplorazione visiva degli stimoli non sembra dipendere né dalla complessità (bassa ed alta) né dalla tipologia di stimolo (sociale vs non sociale), allora si propende verso un'ipotesi di un deficit aspecifico di attenzione visiva che emerge sin dalle prime fasi di elaborazione dello stimolo.

Per quanto riguarda i risultati relativi alla memoria di riconoscimento, emerge che i soggetti con ASD, rispetto ai soggetti con TD, presentano un numero minore di risposte corrette. Questo risultato è congruente con i risultati ottenuti nell'esplorazione visiva. Quindi i soggetti con ASD esplorano e ricordano in misura minore gli stimoli ad alta e bassa complessità rispetto ai soggetti con TD. Inoltre, dai dati emerge che la variabile Complessità non incide neanche sul riconoscimento degli stimoli.

CONCLUSIONI

L'obiettivo generale della presente tesi è quello di fornire un contributo per la comprensione dell'eziologia del deficit di attenzione nei soggetti con Disturbo dello Spettro Autistico.

Come evidenziato negli studi esaminati, i risultati delle ricerche presenti in letteratura sono contrastanti. È possibile che i soggetti con ASD guardino di meno gli stimoli sociali perché questi non sono abbastanza “interessanti e motivanti” (Shic et al., 2011; Chevallier et al., 2015) oppure perché non sono una priorità nel loro sistema attentivo (Chawarska et al., 2010). Inoltre, è probabile che l'attenzione limitata agli stimoli sociali (Shic et al., 2011; Coffman et al., 2011; Chawarska et al., 2013) sia il risultato diretto di una maggiore salienza degli stimoli non sociali (Sasson & Touchstone, 2014; Pierce et al., 2011,2015; Shi et al., 2015; Shaffer et al., 2017). Nonostante questi risultati, altri studi hanno evidenziato che i deficit di base nell' ASD non possano essere ascritti a differenze di esplorazione visiva verso gli stimoli sociali ma che provengano dalle prime difficoltà generali nel controllo dell'attenzione visiva; questi ultimi, a loro volta, potrebbero causare problemi di autoregolazione e compromettere l'acquisizione delle abilità necessarie per l'elaborazione degli stimoli (Elsabbagh & Johnson, 2007; 2010; Elsabbagh et al., 2013a; Elsabbagh et al., 2013b; Sacrey et al., 2013).

Per quanto riguarda la presente ricerca, la teoria alla quale si intende fare riferimento per spiegare le difficoltà di esplorazione visiva presenti nell' ASD è quella relativa alla presenza di un Deficit Aspecifico di Attenzione Visiva presente sin dalle prime fasi di elaborazione dell'input visivo (Elsabbagh & Johnson, 2007; 2010;

Elsabbagh et al., 2013). Secondo questa teoria, le difficoltà attentive presenti nei soggetti con ASD non sono causate da differenze di esplorazione visiva degli stimoli sociali ma dalle prime difficoltà generali nel controllo dell'attenzione visiva; questi ultimi, a loro volta, potrebbero causare problemi di autoregolazione e compromettere l'acquisizione delle abilità necessarie per l'elaborazione degli stimoli (Elsabbagh & Johnson, 2007; 2010; Elsabbagh et al., 2013). Poiché tali deficit di attenzione visiva non sono né universali né specifici per l'autismo, la presenza di un deficit aspecifico di attenzione visiva verso gli stimoli socialmente rilevanti potrebbe essere una condizione necessaria ma non sufficiente per l'emergenza delle difficoltà presenti nel Disturbo dello Spettro Autistico (Elsabbagh & Johnson, 2007; 2010; Elsabbagh et al., 2013).

Per verificare questa ipotesi sono state condotte due ricerche che hanno indagato rispettivamente l'esplorazione visiva e la memoria di riconoscimento dei soggetti con ASD verso due categorie di stimoli: figure geometriche (“Attenzione e memoria di riconoscimento di figure geometriche semplici e complesse nei soggetti autistici: uno studio di eye-tracking”) e immagini (Attenzione e memoria di riconoscimento di immagini semplici e complesse nei soggetti autistici: uno studio di eye-tracking).

Nella prima ricerca, l'obiettivo generale era comprendere se fosse prioritario il deficit di orientamento verso gli stimoli sociali (volti) nello sviluppo della sintomatologia ASD oppure se quest'ultimo fosse secondario ad un deficit attentivo presente sin dalle prime fasi di elaborazione dello stimolo. In base alla letteratura esaminata, in questa ricerca sono state prese in considerazione due variabili che avrebbero potuto determinare il deficit attentivo verso gli stimoli sociali e non sociali: complessità geometrica e tipologia delle figure (curvilinee vs rettilinee). L'idea di base

era indagare se fosse la percezione della complessità geometrica legata alle figure curvilinee e rettilinee (semplici e complesse) ad influenzare il deficit verso gli stimoli sociali nei soggetti con ASD. Nello specifico, l'ipotesi era comprendere se l'esposizione ad uno stimolo curvilineo (anche se non sociale come il viso) determinasse un deficit nell'esplorazione visiva. Per testare queste ipotesi, è stato costruito un compito costituito da 16 figure geometriche (rettilinee e curvilinee) inserite all'interno di matrici ($n = 4$). Il task è stato inserito nell'*eye-tracking* e somministrato ai soggetti con ASD ($N=17$) e ai soggetti con TD ($N=17$) dai 36 ai 72 mesi. I risultati dello studio hanno confermato quanto emerso in letteratura e cioè che i soggetti con TD, rispetto ai soggetti con ASD, guardano maggiormente le figure curvilinee rispetto a quelle rettilinee. Alla luce dei risultati ottenuti, questi dati potrebbero essere interpretati come un "antecedente funzionale percettivo" in grado di spiegare il deficit di esplorazione visiva verso gli stimoli sociali. Nello specifico, se i soggetti con ASD non prestano attenzione alle figure curvilinee e complesse, questo potrebbe spiegare la loro difficoltà a prestare attenzione ai volti che sono di per sé stimoli curvilinei e complessi.

Nonostante in questo lavoro siano stati indagati gli "antecedenti percettivi funzionali" del deficit di esplorazione visiva presente nei soggetti con ASD, il limite riscontrato è l'utilizzo di stimoli "astratti" (figure geometriche).

Ma cosa accade, invece, in presenza di stimoli ecologici e naturalistici?

Per rispondere a questa domanda, è stato condotto un altro studio di *eye-tracking* che, utilizzando la stessa procedura dello studio precedente, ha valutato l'esplorazione visiva e la memoria di riconoscimento dei soggetti con ASD verso immagini semplici e complessi appartenenti a diverse categorie. Inoltre, dato che in letteratura le

immagini utilizzate non sono state mai tarate, prima di indagare l'esplorazione visiva e la memoria di riconoscimento dei soggetti con ASD verso questa tipologia di stimoli, è stata condotta una taratura e standardizzazione di immagini semplici e complesse appartenenti a diverse categorie.

Per quanto riguarda lo studio "Immagini semplici e complesse: operazionalizzazione del costrutto, standardizzazione e complessità categoriale" presentato nel terzo capitolo, l'obiettivo è stato quello di operazionalizzare il costrutto della complessità relativo ad alcune immagini appartenenti a diverse categorie (animali, frutta, mezzi di trasporto, strumenti tecnologici e visi). Per testare questa ipotesi, è stato creato un questionario facendo riferimento alle coerenze emerse fra i diversi autori sulla definizione di complessità delle immagini (Birkhoff, 1932; Eysenk, 1942; Berlyne, 1974; Boseline e Leeuwenberg, 1984; Reber et al., 2004; Maeda, 2006; Birkin, 2010; Massaro et al., 2012; Marin & Leder, 2013). Successivamente sono state reperite 70 immagini (35 immagini a colori e 35 immagini in bianco e nero) che sono state tarate e standardizzate su un campione di 137 studenti universitari (M=67 e F=70) di età compresa tra i 19 e i 25 anni. Dai risultati, è emerso che il giudizio di complessità non sembrava essere correlato al fatto che un'immagine fosse a colori o in bianco e nero. Invece, la variabile categoria ha mostrato effetti significativi. Nello specifico, le immagini relative alle categorie trasporto, tecnologie e visi sono state giudicate più complesse rispetto alle immagini appartenenti alle altre categorie.

Nel quarto capitolo è stata presentata la ricerca "Attenzione e memoria di riconoscimento di immagini semplici e complesse nei soggetti autistici: uno studio di eye-tracking". L'obiettivo generale era comprendere se fosse prioritario il deficit di orientamento verso gli stimoli sociali (volti) nello sviluppo della sintomatologia ASD

oppure se quest'ultimo fosse secondario ad un deficit aspecifico di attenzione visiva presente sin dalle prime fasi di elaborazione dello stimolo. Tra i diversi fattori che potrebbero determinare il deficit aspecifico di attenzione visiva, in questa ricerca è stata valutata l'influenza della complessità percettiva delle immagini. Per testare questa ipotesi, è stata utilizzata la stessa procedura descritta nello studio "Attenzione e memoria di riconoscimento di figure geometriche semplici e complesse nei soggetti autistici: uno studio di eye-tracking". I risultati hanno rilevato che i soggetti con ASD guardavano gli stimoli ad alta complessità percettiva esattamente come facevano i soggetti con TD. Inoltre, entrambi i gruppi tendevano a guardare maggiormente la categoria Viso (stimolo sociale) rispetto alle categorie Trasporto e Tecnologia (stimoli non sociali).

Quindi, sulla base dei risultati ottenuti nelle ricerche presentate, dato che nei soggetti con ASD il deficit di orientamento verso gli stimoli non sembrerebbe dipendere né dalla complessità (bassa ed alta) né dalla tipologia dello stimolo (sociale o vs non sociale), allora si propende verso l'ipotesi di un deficit aspecifico di attenzione visiva presente sin dalle prime fasi di elaborazione dell'input visivo.

Allo stato attuale, in letteratura sono stati condotti pochissimi studi che hanno indagato la presenza di un deficit aspecifico di attenzione visiva nei soggetti con Disturbo dello Spettro Autistico. In quest'ottica, la presente trattazione può essere considerata come uno dei primi tentativi per valutare l'eziologia di questo deficit nei soggetti con ASD nei primi anni di vita. Conoscere queste difficoltà presenti in età precoce, potrebbe essere fondamentale per migliorare la qualità di vita di questi soggetti e per definire nuovi modelli di intervento che tengano conto della plasticità cerebrale, tipica dei primi tre anni di vita.

In base a quanto detto finora, la ricerca futura potrebbe indagare la variabilità delle risposte attentive dei neonati a rischio ASD tenendo in considerazione molteplici aspetti, quali l'utilizzo di diverse tipologie di stimoli (statici vs dinamici, sociali vs non sociali, geometrici vs ecologici), la valutazione delle caratteristiche intrinseche degli stimoli (familiarità, complessità) e gli effetti di alcune variabili (preferenza, piacere, stato di attivazione) sulle risposte dei soggetti con sviluppo tipico e atipico.

BIBLIOGRAFIA

- American Psychiatric Association (2013). Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 5th ed. Arlington, VA: *American Psychiatric Publishing*.
- Anobile, G., Cicchini, G. M., & Burr, D. C. (2016). Number as a primary perceptual attribute: A review. *Perception*, *45*(1-2), 5-31.
- Anobile, G., Turi, M., Cicchini, G. M., & Burr, D. C. (2015). Mechanisms for perception of numerosity or texture-density are governed by crowding-like effects. *Journal of Vision*, *15*(5), 4-4.
- Aronoff, J. (2006). How we recognize angry and happy emotion in people, places and things. *Cross-cultural Res.* *40*, 83 - 105.
- Belin, L., Henry, L., Destays, M., Hausberger, M., & Grandgeorge, M. (2017). Simple Shapes Elicit Different Emotional Responses in Children with Autism Spectrum Disorder and Neurotypical Children and Adults. *Frontiers in psychology*, *8*.
- Berlyne, D. E., & McDonnell, P. (1965). Effects of stimulus complexity and incongruity on duration of EEG desynchronization. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, *18*(2).
- Berlyne, D. E., & Peckham, S. (1966). The semantic differential and other measures of reaction to visual complexity. *Canadian journal of psychology*, *20*(2), 125-135.
- Berlyne, D., E. (1974). Studies in the new experimental aesthetics: steps toward an objective psychology of aesthetic appreciation. Washington: Hemisphere Pub. Corp.
- Bertamini, M., Palumbo, L., Gheorghes, T. N., & Galatsidas, M. (2016). Do observers like curvature or do they dislike angularity?. *British Journal of Psychology*, *107*(1), 154-178.
- Billeci, L., Narzisi, A., Campatelli, G., Crifaci, G., Calderoni, S., Gagliano, A., ... & Muratori, F. (2016). Disentangling the initiation from the response in joint attention: an eye-tracking study in toddlers with autism spectrum disorders. *Translational psychiatry*, *6*(5), e808.
- Birkhoff, G. D. (1932). A set of postulates for plane geometry, based on scale and protractor. *Annals of Mathematics*, 329-345.

- Birkin, G. (2010). *Aesthetic Complexity: Practice and Perception in Art & Design*. Ph.D. dissertation, Nottingham Trent University, Nottingham, UK, 2010.
- Birmingham, E., Bischof, W., F., Kingstone, A. (2008). Social attention and real-world scenes: the roles of action, competition and social content. *Q. J. Exp. Psychol.* 61 (7), 986–998.
- Bookheimer, S. Y., Wang, A. T., Scott, A., Sigman, M., & Dapretto, M. (2008). Frontal contributions to face processing differences in autism: evidence from fMRI of inverted face processing. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 14(6), 922-932.
- Boselie, F., & Leeuwenberg, E. (1984). A general notion of beauty used to quantify the aesthetic attractivity of geometric forms. *Advances in Psychology*, 19, 367-387.
- Calkins, S. D. (Ed.). (2015). *Handbook of infant biopsychosocial development*. Guilford Publications.
- Campatelli, G., Federico, R. R., Apicella, F., Sicca, F., & Muratori, F. (2013). Face processing in children with ASD: Literature review. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7, 444–454.
- Campbell, D., J., Shic, F., Macari, S., Chawarska, K. (2014). Gaze response to dyadic bids at 2 years related to outcomes at 3 years in autism spectrum disorders: a subtyping analysis. *J. Autism Dev. Disord.* 44, 431–442.
- Casti, J. L. (1986). On system complexity: Identification, measurement, and management. In *Complexity, language, and life: Mathematical approaches* (pp. 146-173). Springer Berlin Heidelberg.
- Chaitin, G. (1974). Information-theoretic computation complexity. *IEEE Transactions on Information Theory*, 20(1), 10-15.
- Chawarska, K., & Shic, F. (2009). Looking but not seeing: Atypical visual scanning and recognition of faces in 2 and 4-year-old children with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 39(12):1663–1672.
- Chawarska, K., Macari, S. & Shic, F. (2012). Context modulates attention to social scenes in toddlers with autism. Yale University School of Medicine, Child Study Center *J Child Psychol Psychiatry*. August; 53(8).
- Chawarska, K., Macari, S., & Shic, F. (2013). Decreased spontaneous attention to social scenes in 6-month-old infants later diagnosed with ASD. *Biol Psychiatry*. August 1; 74(3): 195–203.185.

- Chawarska, K., Volkmar, F., Klin, A. (2010). Limited attentional bias for faces in toddlers with autism spectrum disorders. *Archives of General Psychiatry*, 67(2):178-85.
- Chevallier, C., Kohls, G., Troiani, V., Brodtkin, E., S., Schultz, R., T. (2012). The social motivation theory of autism. *Trends in Cognitive Science*; 16(4):231–9.
- Chevallier, C., Parish-Morris, J., McVey, A., Rump, K., M., Sasson, N., J., Herrington, J., D., Schultz, R., T. (2015). Measuring Social Attention and Motivation in Autism Spectrum.
- Chien, Y. L., Gau, S. F., Shang, C. Y., Chiu, Y. N., Tsai, W. C., & Wu, Y. Y. (2015). Visual memory and sustained attention impairment in youths with autism spectrum disorders. *Psychological medicine*, 45(11), 2263-2273.
- Chita-Tegmark, M. (2016). Social attention in ASD: A review and meta-analysis of eye-tracking studies. *Research in developmental disabilities*, 48, 79-93.
- Cicchini, G. M., Anobile, G., & Burr, D. C. (2016). Spontaneous perception of numerosity in humans. *Nature communications*, 7.
- Coffman, M., Shic, F., Meltvedt, M., Bradshaw, J., Chawarska, K. (2011). Where's Wendy? Toddlers with ASD Exhibit Limited Attentional Capture by Faces; *Poster presented at the annual meeting for the International Society for Autism Research*; San Diego, CA.
- Cohen, L. B., & Salapatek, P. (Eds.). (2013). *Infant Perception: from Sensation to Cognition: Basic Visual Processes* (Vol. 1). Academic Press.
- Corbett, B., A., Carmean, V., Ravizza, S., Wendelken, C., Henry, M., L., Carter, C., & Rivera, S., M. (2009). A functional and structural study of emotion and face processing in children with autism. *Psychiatry Res*, 173:196- 205.
- Cotter, K. N., Silvia, P. J., Bertamini, M., Palumbo, L., & Vartanian, O. (2017). Curve Appeal: Exploring Individual Differences in Preference for Curved Versus Angular Objects. *i-Perception*, 8(2), 2041669517693023.
- Dalton, K. M., Nacewicz, B. M., Johnstone, T., Schaefer, H. S., Gernsbacher, M. A., Goldsmith, H. H., ... & Davidson, R. J. (2005). Gaze fixation and the neural circuitry of face processing in autism. *Nature neuroscience*, 8(4), 519.
- De Pascalis, L., Kkeli, N., Chakrabarti, B., Dalton, L., Vaillancourt, K., Rayson, H., ... & Murray, L. (2017). Maternal gaze to the infant face: Effects of infant age and facial configuration during mother-infant engagement in the first nine weeks. *Infant Behavior and Development*, 46, 91-99.

- Di Giorgio, E., Frasnelli, E., Salva, O., R., Scattoni, M., L., Puopolo, M., Tosoni, D., NIDA-Network, Simion, F. & Vallortigara, G. (2016). Difference in Visual Social Predispositions Between Newborns at Low- and High-risk for Autism. *Scientific Reports*, 6:26395. Disorder Using Eye-Tracking: Stimulus Type Matters. *Autism Research*.
- Di Martino, A., Shehzad, Z., Kelly, C., Roy, A. K., Gee, D. G., Uddin, L. Q., ... & Milham, M. P. (2009). Relationship between cingulo-insular functional connectivity and autistic traits in neurotypical adults. *American Journal of Psychiatry*, 166(8), 891-899.
- Eggebrecht, A. T., Elison, J. T., Feczko, E., Todorov, A., Wolff, J. J., Kandala, S., ... & Zwaigenbaum, L. (2017). Joint Attention and Brain Functional Connectivity in Infants and Toddlers. *Cerebral Cortex*, 27(3), 1709-1720.
- El-Shamayleh, Y., & Pasupathy, A. (2016). Contour curvature as an invariant code for objects in visual area V4. *Journal of Neuroscience*, 36(20), 5532-5543.
- Elsabbagh, M., & Johnson, M. H. (2016). Autism and the social brain: the first-year puzzle. *Biological psychiatry*, 80(2), 94-99.
- Elsabbagh, M., Fernandes, J., Webb, S. J., Dawson, G., Charman, T., Johnson, M. H., & British Autism Study of Infant Siblings Team. (2013b). Disengagement of visual attention in infancy is associated with emerging autism in toddlerhood. *Biological Psychiatry*, 74(3), 189-194.
- Elsabbagh, M., Gliga, T., Pickles, A., Hudry, K., Charman, T., Johnson, M., H. (2013a). The development of face orienting mechanisms in infants at-risk for autism. *The BASIS Team Behavioural Brain Research* 251-147– 154.
- Elsabbagh, M., Johnson, M., H. (2007). Infancy and autism: progress, prospects, and challenge. *Progress in Brain Research*;164:355–82.
- Elsabbagh, M., Johnson, M., H. (2010). Getting answers from babies about autism. *Trends in Cognitive Science*. 14:81–7.
- Eysenck, H. J. (1942). The experimental study of the 'good Gestalt'—a new approach. *Psychological Review*, 49(4), 344.
- Fabio, R. A., Billeci, L., Crifaci, G., Troise, E., Tortorella, G., & Pioggia, G. (2016). Cognitive training modifies frequency EEG bands and neuropsychological measures in Rett syndrome. *Research in developmental disabilities*, 53, 73-85.
- Fabio, R., A. (2009). Relationship between automatic and controlled processes of attention and leading to complex thinking. *Neuroscience Research Progress Series*.

- Falck-Ytter, T., Bolte, S., & Gredeback, G. (2013). Eye tracking in early autism research. *Journal of Neurodevelopmental Disorders*, 5(1), 28.
- Frischen, A., Bayliss, A., P., Tipper, P. (2007). Gaze Cueing of Attention: Visual Attention, Social Cognition and Individual Differences. *Psychol Bull.* July; 133(4):694-724.
- Gallese, V. (2016). The Multimodal Nature of Visual Perception: Facts and Speculations. *Gestalt Theory*, 38(2/3).
- Gell-Mann, M. (1995). "The quark and the jaguar. Adventures in the simple and the complex". *Macmillan*.
- Goldreich, O. (2008). Computational complexity: a conceptual perspective. *ACM SIGACT News*, 39(3), 35-39.
- Gómez-Puerto, G., Munar, E., & Nadal, M. (2016). Preference for curvature: A historical and conceptual framework. *Frontiers in human neuroscience*, 9.
- Graf, L. K., & Landwehr, J. R. (2015). A dual-process perspective on fluency-based aesthetics: the pleasure-interest model of aesthetic liking. *Personality and Social Psychology Review*, 19(4), 395-410.
- Griffith, R., Luiz, D., & Association for Research in Infant and Child Development. (2006). Griffiths Mental Development Scales, Extended Revised: GMDS-ER; Two to Eight Years.
- Guillon, Q., Hadjikhani, N., Baduel, S., & Roge, B. (2014). Visual social attention in autism spectrum disorder: Insights from eye tracking studies. *Neuroscience & Biobehavioral*.
- Hadjikhani, N., Joseph, R. M., Snyder, J., & Tager-Flusberg, H. (2007). Abnormal activation of the social brain during face perception in autism. *Human brain mapping*, 28(5), 441-449.
- Hanley, M., McPhillips, M., Mulhern, G., Riby, D., M. (2013). Spontaneous attention to faces in Asperger syndrome using ecologically valid static stimuli. *Autism Int. J. Res. Pract.* 17 (6), 754–761.
- Hernandez, L., M., rudie, J., D., Green, S., A., Bookheimer, S., Drapetto, M. (2015). Neural Signatures of Autism Spectrum Disorders: Insights into Brain Network Dynamics. *Neuropsychopharmacology REVIEWS*. 40, 171–189.
- Holland, J. (1975). Adaptation in Natural and Artificial Systems, *The MIT Press*, Cambridge, MA.

- Hubl, D., Bölte, S., Feineis–Matthews, S., Lanfermann, H., Federspiel, A., Strik, W., ... & Dierks, T. (2003). Functional imbalance of visual pathways indicates alternative face processing strategies in autism. *Neurology*, *61*(9), 1232-1237.
- Huhmann, B. A. (2003). Visual complexity in banner ads: The role of color, photography, and animation. *Visual Communication Quarterly*, *10*(3), 10-17.
- Humphreys, K., Hasson, U., Avidan, G., Minshew, N., & Behrmann, M. (2008). Cortical patterns of category-selective activation for faces, places and objects in adults with autism. *Autism Research*, *1*(1), 52-63.
- Hunnius, S., & Geuze, R., H. (2004). Developmental changes in visual scanning of dynamic faces and abstract stimuli in infants: A longitudinal study. *Infancy*, *6*(2), 231–255.
- Hyde, D. C., Flom, R., & Porter, C. L. (2016). Behavioral and neural foundations of multisensory face-voice perception in infancy. *Developmental neuropsychology*, *41*(5-8), 273-292.
- Jadva, V., Hines, M., & Golombok, S. (2010). Infants' preferences for toys, colors, and shapes: Sex differences and similarities. *Archives of sexual behavior*, *39*(6), 1261-1273.
- Jemel, B., Mottron, L., & Dawson, M. (2006). Impaired face processing in autism: fact or artifact?. *Journal of autism and developmental disorders*, *36*(1), 91-106.
- Johnson, M. H., Senju, A., & Tomalski, P. (2015). The two-process theory of face processing: modifications based on two decades of data from infants and adults. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *50*, 169-179.
- Joseph, J. E., Zhu, X., Gundran, A., Davies, F., Clark, J. D., Ruble, L., ... & Bhatt, R. S. (2015). Typical and atypical neurodevelopment for face specialization: an fMRI study. *Journal of autism and developmental disorders*, *45*(6), 1725-1741.
- Joye, Y., Steg, L., Ünal, A. B., & Pals, R. (2016). When complex is easy on the mind: Internal repetition of visual information in complex objects is a source of perceptual fluency. *Journal of experimental psychology: human perception and performance*, *42*(1), 103.
- Katz, B. F. (2002). What makes a polygon pleasing? *Empirical studies of the Arts*, *20*(1), 1-19.
- Keehn, B., Müller, R. A., & Townsend, J. (2013). Atypical attentional networks and the emergence of autism. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *37*(2), 164-183.

- Kleinhans, N. M., Richards, T., Weaver, K., Johnson, L. C., Greenson, J., Dawson, G., & Aylward, E. (2010). Association between amygdala response to emotional faces and social anxiety in autism spectrum disorders. *Neuropsychologia*, 48(12), 3665-3670.
- Klerk, C., C., Gliga, T., Charman, T., Johnson, M. H. (2014). Face engagement during infancy predicts later face recognition ability in younger siblings of children with autism. *Developmental Science*, 17(4), 596–611.
- Kolmogorov, A. N. (1965). Three approaches to the quantitative definition of information'. *Problems of information transmission*, 1(1), 1-7.
- Koshino, H., Kana, R., K., Keller, T., A., Cherkassky, V., L., Minshew, N., J., & Just, M., A. (2008). fMRI investigation of working memory for faces in autism: visual coding and underconnectivity with frontal areas. *Cereb Cortex*, 18:289-300.
- Kylliäinen, A., Braeutigam, S., Hietanen, J. K., Swithenby, S. J., & Bailey, A. J. (2006). Face-and gaze-sensitive neural responses in children with autism: a magneto encephalographic study. *European Journal of Neuroscience*, 24(9), 2679-2690.
- Lai, M., C., Lombardo, M., V., Baron-Cohen S. (2014). Autism. *Lancet*, 383: 896–910.
- Larson, C. L., Aronoff, J., & Stearns, J. J. (2007). The shape of threat: simple geometric forms evoke rapid and sustained capture of attention. *Emotion*, 7(3), 526.
- Le Moigne, J. L. (1985). Progettazione della complessità e complessità della progettazione. In Bocchi G., Ceruti M, *La sfida della complessità, Feltrinelli, Milano*, 84-102.
- Lewis, J. D., Evans, A. C., Pruett, J. R., Botteron, K. N., McKinstry, R. C., Zwaigenbaum, L., ... & Dager, S. (2017). The Emergence of Network Inefficiencies in Infants With Autism Spectrum Disorder. *Biological psychiatry*.
- López-Ruiz, R. (2005). Shannon information, LMC complexity and Rényi entropies: a straightforward approach. *Biophysical chemistry*, 115(2), 215-218.
- López-Ruiz, R., Mancini, H., L., Calbet, X. (1995). “A Statistical Measure of Complexity”, *Physics Letters A*, n. 209, pp. 321-326.
- Maeda, J. (2006). *Le Leggi della Semplicità*. Bruno Mondadori.

- Maehler, C., & Schuchardt, K. (2016). Working memory in children with specific learning disorders and/or attention deficits. *Learning and Individual Differences*, 49, 341.
- Makovac, E., & Gerbino, W. (2010). Sound-shape congruency affects the multisensory response enhancement. *Visual Cognition*, 18(1), 133-137.
- Marin, M. M., & Leder, H. (2013). Examining complexity across domains: relating subjective and objective measures of affective environmental scenes, paintings and music. *PloS One*, 8(8), e72412.
- Massaro, D., Savazzi, F., Di Dio, C., Freedberg, D., Gallese, V., Gilli, G., & Marchetti, A. (2012). When art moves the eyes: a behavioral and eye-tracking study. *PloS one*, 7(5).
- Mclaughlin, J. P., Sabsevitz, J. C., Hutwelker, E. A., & Muller, E. J. (2002). The Memorial Base for the Picture-Reversal Effect. *Empirical Studies of the Arts*, 20(1), 43-47.
- McPartland, J. C., Webb, S. J., Keehn, B., & Dawson, G. (2011). Patterns of visual attention to faces and objects in autism spectrum disorder. *Journal of autism and developmental disorders*, 41(2), 148-157.
- Mecacci, L. (2001). *Manuale di psicologia generale*. Firenze: Giunti.
- Meinhardt-Injac, B., Boutet, I., Persike, M., Meinhardt, G., & Imhof, M. (2017). From development to aging: Holistic face perception in children, younger and older adults. *Cognition*, 158, 134-146.
- Merin, N., Young, G., S., Ozonoff, S., Rogers, S., J. (2007). Visual Fixation Patterns during Reciprocal Social Interaction Distinguish a Subgroup of 6-Month-Old Infants At-Risk for Autism from Comparison Infants. *J Autism Dev Disord*. 37:108–121.
- Milan, E., Iborra, O., de Cordoba, M., Juárez-Ramos, V., Artacho, M. R., & Rubio, J. L. (2013). The Kiki-Bouba effect A case of personification and ideasthesia. *Journal of Consciousness Studies*, 20(1-2), 84-102.
- Minshew N. J., & Goldstein, G (2001). The pattern of intact and impaired memory functions in autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 42, 1095–1101.
- Minshew, N., J., & A. Keller, T., A. (2010). “The Nature of Brain Dysfunction in Autism: Functional Brain Imaging Studies”. *Curr Opin Neurol*. April; 23(2): 124–130.

- Munar, E., Gómez-Puerto, G., Call, J., & Nadal, M. (2015). Common visual preference for curved contours in humans and great apes. *PloS one*, *10*(11), e0141106.
- Nadal, M., Munar, E., Marty, G., & Cela-Conde, C. J. (2010). Visual complexity and beauty appreciation: explaining the divergence of results. *Empirical Studies of the Arts*, *28*(2), 173-191.
- Occelli, V., Esposito, G., Venuti, P., Arduino, G. M., & Zampini, M. (2013). The Takete—Maluma Phenomenon in Autism Spectrum Disorders. *Perception*, *42*(2), 233-241.
- Pallett, P. M., & MacLeod, D. I. (2011). Seeing faces as objects: No face inversion effect with geometrical discrimination. *Attention, Perception & Psychophysics*, *73*(2), 504–520.
- Pallett, P. M., Cohen, S. J., & Dobkins, K. R. (2014). Face and object discrimination in autism, and relationship to IQ and age. *Journal of autism and developmental disorders*, *44*(5), 1039-1054.
- Palmer, S., E., Schloss, K., B., & Sammartino, J. (2013). Visual aesthetics and human preference. *Annu. Rev. Psychol.* *64*, 77-107.
- Palumbo, L., & Bertamini, M. (2016). The curvature effect: A comparison between preference tasks. *Empirical Studies of the Arts*, *34*(1), 35-52.
- Palumbo, L., Ruta, N., & Bertamini, M. (2015). Comparing angular and curved shapes in terms of implicit associations and approach/avoidance responses. *PloS one*, *10*(10), e0140043.
- Parker, S. T., & Gibson, K. R. (1979). A developmental model for the evolution of language and intelligence in early hominids. *Behavioral and Brain Sciences*, *2*(3), 367-381.
- Perra, O., & Gattis, M. (2010). The control of social attention from 1 to 4 months. *British Journal of Developmental Psychology*: *28*(4), 891–908.
- Perra, O., & Gattis, M. (2012). Attention engagement in early infancy. *Infant Behavior & Development*. *35*- 635–644.
- Pierce, K., & Redcay, E. (2008). Fusiform function in children with an autism spectrum disorder is a matter of ‘who’. *Biol Psychiatry*, *64*:552-560.
- Pierce, K., Conant, D., Hazin, R., Stoner, R., Desmond, J. (2011). Preference for Geometric Patterns Early in Life As a Risk Factor for Autism. *Arch Gen Psychiatry*. September. 113.

- Pierce, K., Marinero, S., Hazin, R., McKenna, B., Barnes, C., C., Malige, A. (2015). Eye Tracking Reveals Abnormal Visual Preference for Geometric Images as an Early Biomarker of an Autism Spectrum Disorder Subtype Associated with Increased Symptom Severity. *Biological Psychiatry*.
- Plemenos, D., & Miaoulis, G. (2009). *Visual Complexity and Intelligent Computer Graphics Techniques Enhancements* (Vol. 200). New York: Springer.
- Reber, R., Schwarz, N., & Winkielman, P. (2004). Processing fluency and aesthetic pleasure: Is beauty in the perceiver's processing experience?. *Personality and social psychology review*, 8(4), 364-382.
- Rosa-Salva, O., Regolin, L., and Vallortigara, G. (2010). Faces are special for newly hatched chicks: evidence for inborn domain- specific mechanisms underlying spontaneous preferences for face-like stimuli. *Dev. Sci.* 13, 565–577.
- Ruta, N., Palumbo, L., & Bertamini, M. (2014). Comparing angular and smoothed polygons. Exploring the link between preference, response time and contour integration. New York, NY: IAEA.
- Sacrey, L., A., R., Bryson, S., E., Zwaigenbaum, L. (2013). Prospective examination of visual attention during play in infants at high-risk for autism spectrum disorder: A longitudinal study from 6 to 36 months of age. *Behavioural Brain Research*. 256-441–450.
- Salgado-Montejo, A., Tapia Leon, I., Elliot, A. J., Salgado, C. J., & Spence, C. (2015). Smiles over frowns: When curved lines influence product preference. *Psychology & Marketing*, 32(7), 771-781.
- Salley, B., Sheinkopf, S. J., Neal-Beevers, A. R., Tenenbaum, E. J., Miller-Loncar, C. L., Tronick, E., ... & Whitaker, T. (2016). Infants' early visual attention and social engagement as developmental precursors to joint attention. *Developmental psychology*, 52(11), 1721.
- Sasson, N., J., & Touchstone, E., W. (2014). Visual Attention to Competing Social and Object Images by Preschool Children with Autism Spectrum Disorder. *J Autism Dev Disord*. 44:584–592.
- Scherf, S., Luna, B., Minshew, N., Behrmann, M. (2010). Location, location, location: alterations in the functional topography of face- but not object- or place-related cortex in adolescents with autism. *Frontiers in Human Neuroscience*. Marzo, Vol. 4, Art. 26.
- Schmidt, F., & Fleming, R. W. (2016). Visual perception of complex shape-transforming processes. *Cognitive psychology*, 90, 48-70.

- Shaffer, R. C., Pedapati, E. V., Shic, F., Gaietto, K., Bowers, K., Wink, L. K., & Erickson, C. A. (2017). Brief Report: Diminished Gaze Preference for Dynamic Social Interaction Scenes in Youth with Autism Spectrum Disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 47(2), 506-513.
- Shi, L., Zhou, Y., Ou, J., Gong, J., Wang, S., Cui, X., & Luo, X. (2015). Different Visual Preference Patterns in Response to Simple and Complex Dynamic Social Stimuli in Preschool-Aged Children with Autism Spectrum Disorders. *PloS one*, 10(3), e0122280.
- Shic, F., Bradshaw, J., Klin, A., Scassellati, B., Chawarska, K. (2011). Limited activity monitoring in toddlers with autism spectrum disorder. *Brain Research*.1280:246–254.
- Silvia, P. J., & Barona, C. M. (2009). Do people prefer curved objects? Angularity, expertise, and aesthetic preference. *Empirical studies of the arts*, 27(1), 25-42.
- Simion, F., & Di Giorgio, E. (2015). Face perception and processing in early infancy: inborn predispositions and developmental changes. *Frontiers in psychology*, 6.
- Teunisse, J. P., & de Gelder, B. (2003). Face processing in adolescents with autistic disorder: The inversion and composite effects. *Brain and cognition*, 52(3), 285-294.
- Tonder, G. V., & Spehar, B. (2013). The aesthetic appeal of visual qualities. *Handbook of experimental phenomenology: Visual perception of shape, space and appearance*, 395-414. In L. Albertazzi (Ed.), *Handbook of experimental phenomenology: Visual perception of shape, space and appearance* (pp. 395–414). Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Uddin, L. Q., & Menon, V. (2009). The anterior insula in autism: under-connected and under-examined. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(8), 1198-1203.
- Van Grinsven, B., & Das, E. (2016). Logo design in marketing communications: Brand logo complexity moderates exposure effects on brand recognition and brand attitude. *Journal of Marketing Communications*, 22(3), 256-270.
- Van Oel, C. J., & van den Berkhof, F. D. (2013). Consumer preferences in the design of airport passenger areas. *Journal of Environmental Psychology*, 36, 280-290.
- Vartanian, O., Navarrete, G., Chatterjee, A., Fich, L. B., Leder, H., Modroño, C., ... & Skov, M. (2013). Impact of contour on aesthetic judgments and approach-avoidance decisions in architecture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(Supplement 2), 10446-10453.

- Velasco, C., Salgado-Montejo, A., Elliot, A., J., Woods, A., T., Alvarado, J. & Spence, C. (2016). The shapes associated with approach/avoidance words. *Motivation and Emotion*, 40 (5), 689-702.
- Wagner, J., B., Hirsch, S., B., Vogel-Farley, V., K., Redcay, E., Nelson, C., A. (2013). Eye-Tracking, Autonomic, and Electrophysiological Correlates of Emotional Face Processing in Adolescents with Autism Spectrum Disorder. *J Autism Dev Disord*. January; 43(1): 188–199.
- Wagner, J., Luyster, R. J., Moustapha, H., Tager-Flusberg, H., & Nelson, C. A. (2016). Differential attention to faces in infant siblings of children with autism spectrum disorder and associations with later social and language ability. *International Journal of Behavioral Development*.
- Wang, D., Belyaev, A., Saleem, W., & Seidel, H. P. (2008). Shape Complexity from Image Similarity.
- Webb, S., J., Jones, E., J., Merkle, K., Namkung, J., Toth, K., Greenson, J., Murias, M., Dawson, G. (2010). Toddlers with elevated autism symptoms show slowed habituation to faces. *Child Neuropsychology*. 16(3):255–278.
- Weisberg, J., Milleville, S., C., Kenworthy, L., Wallace, G., L., Gotts, S., J., Beauchamp, M., S. & Martin, A. (2014). Social perception in autism spectrum disorders: Impaired category.
- Westerman, S. J., Gardner, P. H., Sutherland, E. J., White, T., Jordan, K., Watts, D., & Wells, S. (2012). Product design: Preference for rounded versus angular design elements. *Psychology & Marketing*, 29(8), 595-605.
- Yamamoto, M., Torii, K., Sato, M., Tanaka, J., & Tanaka, M. (2017). Analysis of gaze points for mouth images using an eye tracking system. *Journal of prosthodontic research*.
- Zhao, Z., & Stough, R. R. (2005). Measuring similarity among various shapes based on geometric matching. *Geographical Analysis*, 37(4), 410-422.