



Università degli Studi di Parma
Dottorato di Ricerca in Biologia del Comportamento
XXII Ciclo

**STUDIO SPERIMENTALE DEI PROCESSI DI
APPRENDIMENTO INDIVIDUALE E SOCIALE
NELL'UTILIZZO DI STRUMENTI NEL MACACO**
(Macaca nemestrina e Macaca mulatta)

Coordinatore:
Chiar.mo Prof. Stefano Parmigiani

Tutor:
Prof. Pier Francesco Ferrari

Dottoranda: *Dott.ssa Sara Macellini*

INDICE

Introduzione	pag.	1
1. Il concetto di strumento	pag.	1
2. Alcuni esempi dell'uso di strumenti in natura	pag.	2
3. L'utilizzo degli strumenti nello scimpanzé e in altre scimmie antropomorfe.....	pag.	3
4. L'uso di strumenti nelle scimmie non antropomorfe	pag.	5
4.1 Il genere <i>Cebus</i>	pag.	5
4.2 Il genere <i>Macaco</i>	pag.	7
5. Ontogenesi dell'uso di strumenti secondo una prospettiva piagetiana	pag.	9
6. L'apprendimento	pag.	11
6.1 Apprendimento individuale	pag.	12
6.1.1 Apprendimento per condizionamento classico	pag.	12
6.1.2 Apprendimento per condizionamento operante	pag.	13
6.1.3 Insight	pag.	13
6.2 Apprendimento sociale	pag.	14
6.2.1 Intensificazione dell'attenzione verso uno stimolo (<i>Stimulus enhancement e Local enhancement</i>)	pag.	15
6.2.2 Facilitazione della risposta (<i>Response facilitation</i>)	pag.	16
6.2.3 Imitazione	pag.	16
6.2.4 Emulazione	pag.	18
7. Il ruolo delle basi neurali nella comprensione delle azioni e nell'imitazione	pag.	19
7.1 Organizzazione della corteccia premotoria ventrale, il lobo frontale	pag.	20
7.2 Organizzazione anatomico-funzionale dell'area premotoria ventrale F5	pag.	20
7.3 Il sistema mirror	pag.	22
7.4 I neuroni mirror che rispondono all'uso di strumenti	pag.	24
7.5 I neuroni mirror e la loro importanza nella comprensione delle azioni e nel fenomeno dell'imitazione	pag.	25
7.6 Il sistema mirror nell'uomo	pag.	26
8. Lo schema corporeo e la sua modificazione a seguito dell'acquisizione della capacità di utilizzare uno strumento	pag.	29
9. Ipotesi di lavoro	pag.	31

Prima parte dello studio	pag.	37
Esperimento 1	pag.	37
Risultati	pag.	41
Esperimento 2	pag.	47
Risultati	pag.	50
Esperimento 3	pag.	58
Risultati	pag.	61
Discussione	pag.	66
Seconda parte dello studio	pag.	73
Esperimento 4	pag.	76
Risultati	pag.	80
Esperimento 5	pag.	83
Risultati	pag.	85
Esperimento 6	pag.	87
Risultati	pag.	90
Esperimento 7	pag.	93
Risultati	pag.	98
Esperimento 8	pag.	102
Risultati	pag.	105
Discussione.....	pag.	107
Terza parte dello studio	pag.	117
Esperimento 9.....	pag.	118
Risultati	pag.	126
Discussione.....	pag.	129
Riassunto e conclusioni finali dello studio	pag.	133
Bibliografia	pag.	143

INTRODUZIONE GENERALE

1. Il concetto di strumento

Citando la definizione proposta da Goodall (1980) un oggetto per essere classificato come strumento deve essere tenuto con una mano, un piede o la bocca ed essere usato per permettere al soggetto di ottenere uno scopo immediato (Goodall, 1980), pertanto può essere considerato come estensione di un arto.

La definizione che ho formulato non consente di considerare strumentale il ricorso all'aiuto di un altro individuo o a parti del proprio corpo: per esempio, l'uccello guida al miele o Greater Honeyguide (*Indicator indicator*), specie tipica dell'Africa sub-sahariana e diffusa anche nella parte meridionale dell'Asia, quando trova un'arnia posizionata nella cavità di un tronco, attira l'attenzione di un tasso, lo conduce all'albero, e poi si assicura il suo aiuto per aprire la cavità e ottenere l'accesso al miele. L'aye-aye (*Daubentonia madagascariensis*), un primate dalle abitudini notturne che vive in Madagascar, si serve del suo dito dalla caratteristica lunghezza per battere sui tronchi che potrebbero nascondere insetti. Battendo e ascoltando, l'aye-aye riesce a determinare in quali fori e in quali fessure si trovi il cibo. Il dito dell'aye-aye è una sua modificazione corporea, non è uno strumento secondo la nostra definizione, come pure non può essere classificato come strumento il tasso di cui l'uccello-guida al miele si serve per poter raggiungere il cibo (Beck 1980).

Secondo una definizione di Fragaszy, Visalberghi e Fedigan (2004) un animale utilizza uno *strumento* quando tale oggetto viene impiegato come se fosse un'estensione funzionale del proprio corpo (la bocca, il becco, la mano, gli artigli) per agire su di un altro oggetto o superficie ed ottenere così uno scopo immediato. Lo strumento acquisisce la sua funzione dall'uso che se ne fa e lo scopo finale contribuisce a definire di che tipo di strumento si tratti (Burton 1993).

Utilizzare uno strumento significa quindi servirsi di un oggetto come estensione funzionale del proprio corpo per agire su di un altro oggetto o superficie, il soggetto deve inoltre produrre una relazione tra lo strumento e l'oggetto/superficie e non utilizzare semplicemente una relazione già esistente. Tale definizione esclude quindi alcune situazioni in cui l'oggetto è già a contatto con il target (ad esempio un pezzetto di cibo) nel momento in cui l'animale arriva sulla scena. Perché l'azione venga definita come "utilizzo

dello strumento” i soggetti devono servirsi in prima persona dello strumento e avere le capacità di metterlo in relazione con il target.

Nel corso del testo quindi, quando definiremo un oggetto come strumento, ci riferiremo ad un oggetto che possa essere considerato come un'estensione funzionale dell'arto del soggetto, con il quale l'animale raggiunge uno scopo immediato.

2. Alcuni esempi dell'uso di strumenti in natura

Spesso l'ambiente in cui gli animali vivono non fornisce cibo subito disponibile per essere mangiato e molti cibi ambiti possono essere ottenuti soltanto con l'uso di un strumento. I cibi e le prede sono spesso infatti racchiusi in un involucro molto duro e resistente. Alcuni predatori superano questo problema servendosi di quanto si trova nell'ambiente e, in alcuni casi, modificandolo. Gli avvoltoi egiziani (*Neophron percnopterus*) si avvicinano alle uova di struzzo, che presentano un guscio molto duro, ed estrarono il contenuto servendosi di una pietra che tengono tra il becco. Il tordo (*Turdus viscivorus*) fa cadere le lumache di cui si nutre da una considerevole altezza in modo che il guscio si spezzi sulle rocce sottostanti. Galleggiando sul dorso, la lontra di mare (*Enhydra lutris*) si serve di piccole pietre posizionate sul ventre per aprire le conchiglie dei molluschi (Hall e Schaller 1964). Per l'avvoltoio le pietre fungono da martelli, mentre per il tordo e la lontra funzionano come un'incudine. In nessuna di queste specie, comunque, il martello e l'incudine sono usati in maniera coordinata per lo stesso compito. Le scimmie del tipo cebo cappuccino e lo scimpanzé, invece, mettono i frutti rivestiti da un guscio resistente su un'incudine e li spaccano con un sasso che funge da martello. In nessun caso di uso di strumenti di pietra esiste la prova che gli individui modifichino la struttura della pietra allo scopo di migliorarne la funzionalità, sebbene si siano osservati alcuni casi in cui si cercava di stabilizzare l'incudine; per esempio, nel 1994 lo psicologo Matsuzawa notò in quattro occasioni alcuni scimpanzé selvatici che sistemavano una piccola pietra sotto una più grande per livellare la superficie dell'incudine dove avrebbero spezzato i gusci (Matsuzawa 1994).

La scelta del martello o dell'incudine è una scelta casuale? Nel cercare una buona incudine, l'animale prende in considerazione le caratteristiche della superficie della pietra, la sua curvatura, e così via? Se le pietre sono sistemate in un mucchio, gli scimpanzé sembrano scegliere quelle che corrispondono ad un minimo criterio di funzionalità: piatte, piccole quanto basta per essere tenute in mano, abbastanza dure per poter spaccare una noce. Sono

necessari diversi anni perché i giovani scimpanzé capiscano le caratteristiche funzionali di martello e incudine (Boesch 1984; Matzusawa 1994). Dopo aver trovato un martello adatto, gli scimpanzé della Foresta Taï nella Costa d'Avorio lo lasciano accanto al tronco di una palma da cocco, per servirsene ancora successivamente (Boesch e Boesch 1984, 1990). Lo stesso comportamento è stato osservato anche in un gruppo di Bonobo (*Pan paniscus*) e di Oranghi (*Pongo pygmaeus*) testati in cattività: i soggetti selezionavano, trasportavano e conservavano lo strumento utile per un compito che sapevano avrebbero dovuto svolgere successivamente (Mulcahy and Call 2006). Ciò suggerisce che gli scimpanzé, bonobo ed oranghi comprendono la funzione di quelle pietre e l'importanza di ritrovarle in seguito.

Anche i Cebi sono in grado di scegliere la pietra più adeguata per lo schiacciamento di una noce quando ve ne è più di una, e sono in grado di discriminare le caratteristiche funzionali (Visalberghi et al., 2009).

3. L'utilizzo degli strumenti nello scimpanzé e in altre scimmie antropomorfe

All'interno del loro ambiente naturale gli scimpanzé utilizzano una grande varietà di strumenti, spesso per l'ottenimento di cibo, altre volte per scopi differenti:

- *Approvvigionamento del cibo*, il cui tipico esempio è la pesca delle termiti avvalendosi di un bastoncino che gli scimpanzé infilano ed agitano del foro di un termitaio aspettando che gli insetti vi si attacchino con le mandibole, o l'estrazione di insetti dai tronchi, o del midollo dalle ossa degli animali predati (Goodall, 1986).
- *Per cacciare o difendersi* dai predatori, al cui scopo vengono utilizzati spesso come armi sassi e bastoni (Goodall 1986, Pruetz & Bertolani, 2007)
- *Per amplificare la forza*. Un esempio è lo schiacciamento delle noci che avviene posizionando il frutto su un sasso o un tronco d'albero caduto che funge da incudine ed aprirla con una sorta di martello utilizzando un altro sasso o un altro tronco (Boesch & Boesch 1990).
- *Per assorbire liquidi*. Gli scimpanzé infatti utilizzano foglie per estrarre acqua dalle cavità degli alberi o per recuperare miele dagli alveari (Goodall 1986).
- *Per l'igiene personale*. Gli scimpanzé infatti utilizzano alcune foglie che strofinano sul corpo per eliminare i parassiti e bastoncini per la pulizia dei denti.
- *Per richiamare l'attenzione in contesti comunicativi* producendo forti rumori con l'utilizzo di foglie (McGrew 1992).

Flessibilità di utilizzo e rappresentazione mentale appaiono quindi di estrema importanza quando si parla di processi cognitivi coinvolti nell'utilizzo degli strumenti negli scimpanzé. La flessibilità nell'utilizzo di strumenti si può tradurre in diverse tipologie di comportamenti: nella modifica di un certo atto motorio (ad esempio impugnare diversamente uno strumento già utilizzato eseguendo un differente movimento), così come nella scelta di uno strumento adeguato tra più oggetti disponibili (ad esempio gli scimpanzé sanno scegliere la bacchetta di lunghezza adeguata per la pesca delle termiti (Goodall, 1986), o selezionando a priori il ramo di dimensioni e peso adeguati per rompere noci (Boesch-Achermann e Boesch, 1993). Analogamente, un ulteriore indice di flessibilità e complessità è l'utilizzo in sequenza di più strumenti: alcuni scimpanzé sono stati osservati utilizzare un ramoscello per recuperare la polpa di una noce precedentemente rotta grazie all'utilizzo di una pietra (Boesch e Boesch, 1990). Altre osservazioni dell'uso di più utensili per accedere alla stessa fonte di cibo sono state riportate da Brewer e McGrew (1990) e da Sugiyama (1995).

Gli scimpanzé sanno modellare uno strumento per renderlo funzionale alla risoluzione di un compito, dimostrando di riconoscere quali caratteristiche fanno di un oggetto uno strumento funzionale e di aver compreso ciò che lega lo strumento stesso al risultato (Visalberghi et al., 1995).

Studi sull'utilizzo di strumenti hanno evidenziato anche quali possono essere le capacità di comprensione dei nessi causali nelle antropomorfe. Da uno studio condotto da Limongelli e collaboratori (1995) emerge che solo 2 dei 5 scimpanzé studiati erano in grado di risolvere un compito in cui si richiedeva di recuperare cibo da un tubo senza farlo cadere in una trappola attraverso l'utilizzo di una bacchetta. Ciò suggerisce che anche qualora l'utilizzo dello strumento da parte di uno scimpanzé sia adeguato, non necessariamente ciò è anche indice di una comprensione delle relazioni causali implicate (Limongelli et al., 1995). Anche Povinelli (2000) notò la stessa incapacità in un gruppo di scimpanzé. L'autore consegnò ai soggetti due strumenti a forma di paletta da croupier per poter recuperare il cibo posto ad una distanza tale da non poter essere raggiunto con la sola estensione della mano. Uno strumento era funzionale, l'altro invece disfunzionale alla risoluzione del compito (ad esempio presentava una base invertita, o era costruito con stoffa o con una estremità troppo piccola per poter trascinare il cibo). Nonostante solo uno degli strumenti fosse adeguato alla risoluzione del compito i soggetti tentavano comunque di utilizzarli entrambi.

Tali risultati suggeriscono che anche gli scimpanzé, almeno inizialmente, mostrano difficoltà nel comprendere la funzione di alcune caratteristiche fisiche degli strumenti con cui si trovano ad interagire

Tra le altre scimmie antropomorfe l'uso di strumenti in natura è stato osservato, seppur raramente, anche negli oranghi (Van Schaik, 1996, 2003), nei gorilla (Breuer, 2005), nei bonobo (*Pan paniscus*) (Kano, 1982) e nei gibboni (Tingpalong et al., 1981). Diversa appare la situazione in cattività, in cui gli oranghi sono considerati da molti ricercatori i più capaci utilizzatori di strumenti. Parker (1969) ha confrontato le prestazioni di gorilla, orango e scimpanzé rispetto a due compiti: il primo consisteva nell'utilizzare uno strumento per assorbire liquidi, e il secondo nel raggiungere del cibo attraverso un utensile. In entrambi i compiti le prestazioni migliori erano quelle degli oranghi. Abilità paragonabili tra orango e scimpanzé sembrano essere presenti anche in relazione alla possibilità di modificare oggetti per renderli adatti a raggiungere cibo, sia in laboratorio (Visalberghi et al., 1995) che in natura (Van Schaik et al., 1996).

I bonobo mostrano un'ampia varietà di comportamenti di utilizzo di utensili, che possono essere funzionali al raggiungimento di cibo o liquidi e alla pulizia del corpo (attraverso foglie che assorbono acqua) (Jordan, 1982).

Per quanto riguarda i gibboni, vi sono poche osservazioni. Una di queste è quella di Rumbaugh (1970) che ha osservato un gibbono mentre utilizzava un panno come spugna e una corda per dondolarsi.

Non è invece possibile descrivere in maniera esaustiva l'utilizzo di strumenti da parte di gorilla in cattività, a causa dei pochi studi condotti; tuttavia alcuni autori riportano di aver osservato gorilla utilizzare bastoni per recuperare cibo altrimenti fuori dalla loro portata e pezzi di legno come strumenti offensivi (Natale et al, 1986; Nakamichi, 1998). Il gorilla più abile nell'utilizzare strumenti è stato sicuramente Koko, un gorilla di pianura allevato dall'uomo in un contesto molto culturalizzato e addestrato all'utilizzo della lingua dei segni per comunicare. Numerosi sono i casi in cui si riporta anche l'utilizzo da parte di Koko di oggetti appartenenti al mondo umano (Patterson, 1978).

4. L'uso di strumenti nelle scimmie non antropomorfe

4.1 Il genere *Cebus*

Tra le scimmie non antropomorfe l'uso di utensili è pressoché inesistente in natura, e limitato a poche specie in cattività: solo cebi, babbuini e macachi sembrano in grado di imparare a utilizzare strumenti. Una delle poche testimonianze di tali comportamenti in

natura riguarda proprio i cebi, che utilizzerebbero oggetti di pietra per aprire noci dall'involucro particolarmente duro (Otoni e Mannu, 2001). Inoltre, è stata recentemente pubblicata l'osservazione di un uso abituale di strumenti nella foresta di Caatinga (Brasile) da parte di *Cebus apella*: si tratterebbe dell'utilizzo di pietre per scavare, per rompere semi, e di ramoscelli da infilare in cavità per raggiungere insetti, miele o acqua (de Moura e Lee, 2004). In condizioni di semi-libertà, inoltre, è emerso che i cebi, se falliscono nel portare lo strumento nel sito dove si trova il cibo, sono in grado di trasportare il cibo in prossimità dello strumento (Cleveland et al., 2004). Tale spiccata propensione dei cebi ad utilizzare strumenti sembra legata a caratteristiche morfologiche e comportamentali, piuttosto che alla capacità di comprendere la natura causale di un problema. Si tratta, infatti, di scimmie che tendono a manipolare con persistenza tutto ciò che è a loro disposizione, mostrando un ricco repertorio di comportamenti manipolatori ed esplorativi.

Gli esperimenti effettuati da Visalberghi e collaboratori sui cebi hanno inoltre permesso di valutare le modalità con cui queste scimmie apprendono l'utilizzo di strumenti. Il primo di questi risale al 1989 (Visalberghi e Trinca, 1989). A quattro esemplari di *Cebus apella* veniva presentato un tubo trasparente contenente al suo interno un pezzetto di cibo: per recuperarlo l'animale avrebbe dovuto inserire un bastoncino in corrispondenza di un'estremità e spingerlo fino a far comparire il cibo all'estremità opposta. Tre dei quattro esemplari riuscirono a risolvere il compito rapidamente, impiegandoci dai 38 ai 101 minuti. A questi tre venne allora presentato lo stesso compito ma con alcune varianti:

- a) Lo strumento presentato era costituito da un insieme di stecchetti, legati tra loro, che risultavano di diametro maggiore rispetto al tubo contenente cibo. La scimmia avrebbe dovuto dividere gli stecchetti per ottenere uno strumento adeguato allo scopo.
- b) Venivano forniti tre stecchetti, singolarmente non sufficienti a spingere il cibo fuori dal tubo, ma se posti in sequenza abbastanza lunghi per risolvere con successo il compito.
- c) Lo stecchetto messo a disposizione era di lunghezza adeguata ma con un pezzetto incastrato perpendicolarmente ad esso che ne impediva l'accesso nel tubo. Tale impedimento poteva però essere rimosso, e il cibo recuperato come era stato fatto in precedenza.

Tutti e tre i soggetti riuscirono a risolvere con successo il compito proposto tuttavia, il numero elevato di errori commessi e, il fatto che questi non diminuissero con il proseguire

delle prove, fece sorgere dubbi riguardo alla possibilità che gli animali avessero realmente acquisito informazioni relative ai nessi causa-effetto implicati nel compito. La situazione è stata ulteriormente complicata dalla presenza di più utensili appropriati, posizionati nella stanza adiacente a quella in cui si trovava il tubo con il cibo (Visalberghi, 1993). Nessuna delle scimmie è stata in grado di scegliere lo strumento corretto. L'apparato sperimentale è stato nuovamente modificato da Visalberghi e Limongelli (1994) proponendo un tubo trasparente con una "trappola" nel mezzo: spingendo il cibo in una direzione corretta la nocciolina sarebbe stata estratta, spingendo il cibo invece in una direzione scorretta la nocciolina sarebbe caduta nella trappola e non più recuperata. Questo nuovo compito è stato risolto con successo solo da uno dei quattro esemplari di *Cebus apella* sottoposto al test, tuttavia sembra si sia trattato dell'apprendimento di una regola: ruotando infatti il tubo di 180° la trappola si sarebbe trovata nella parte superiore del tubo, rendendo impossibile la perdita del cibo. Nonostante ciò, le strategie utilizzate dal soggetto che precedentemente aveva risolto il compito rimasero invariate, infatti l'animale continuava a scegliere in maniera stereotipata la direzione di inserimento obbligata anche quando il tubo era girato in modo tale che la trappola si trovasse in alto, confermando di raggiungere tale risultato applicando la regola di spingere il cibo nella direzione in cui la distanza tra la nocciolina e l'estremità del tubo era minore piuttosto che eseguire il comportamento di recupero in seguito alla comprensione delle conseguenze dell'azione stessa. Apparentemente, non vi era alcuna comprensione da parte dell'animale del fatto che le noccioline potessero cadere solo verso il basso e che la trappola era quindi inefficace in questo caso. La strategia che il cebo aveva appreso era semplicemente quella di spingere sempre il bastone dall'estremità del tubo più lontana dalla nocciolina. Ovviamente con una trappola posta nel mezzo del tubo questa strategia risulta sempre efficace. Ma l'uso della strategia rifletteva l'apprendimento di una regola che aveva mostrato di funzionare bene sulla base di prove ed errori, senza una reale comprensione del nesso causale che lega il movimento del bastone, la caduta degli oggetti e l'ottenimento del cibo.

4.2 Il genere *Macaca*

Gli esemplari del genere *Macaca*, a differenza dei cebi, incontrano maggiori difficoltà nell'utilizzo di strumenti (Tokida et al., 1994). In natura gli esempi di utilizzo dello strumento sono rari (ad esempio Malaivijitnond et al., 2007; Gumert et al., 2009). Tuttavia, in condizioni

di semi-libertà è stata osservata la capacità da parte di macachi tonkeani (*Macaca tonkeana*) ad apprendere l'utilizzo di un bastone per raggiungere la sommità di un muretto (Duconing e Thierry, 2005): queste scimmie mostravano di essere in grado di apprendere individualmente tale strategia comportamentale, a condizione che si lasciasse loro la possibilità di manipolare lo strumento e sperimentare la ricompensa. Due casi di utilizzo di strumenti sono stati descritti nei macachi del Giappone (*Macaca fuscata*): il primo risale al 1990 (Machida, 1990), quando tre individui appartenenti ad una colonia sono stati osservati mentre utilizzavano un bastone per arrampicarsi su di un muro della gabbia e poterlo così esplorare. Un altro caso riguarda l'utilizzo di pietre per far fuoriuscire da un tubo trasparente un pezzetto di cibo (Tokida et al., 1994). Shurcliff e collaboratori (1971), inoltre, sostengono che esemplari di *Macaca mulatta* siano capaci di coordinare l'uso di due strumenti, singolarmente troppo corti per raggiungere il cibo: il primo stecchetto verrebbe utilizzato per recuperare il secondo stecchetto col quale raggiungere poi il cibo. Non esistono invece dati che testimonino la capacità di queste scimmie di modificare uno strumento per renderlo adeguato allo scopo, anche se Westergaard (1988) ritiene di aver descritto comportamenti di modellamento di strumenti da parte di macachi: a partire da un insieme di stecchetti legati tra loro, queste scimmie sarebbero riuscite ad ottenere uno strumento abbastanza sottile da poter essere infilato in un apparato contenente sciroppo e appositamente costruito per favorire questo tipo di comportamento. Tuttavia, tale risultato sembra più facilmente interpretabile come frutto dell'attività manipolatoria (e spesso distruttiva) di queste scimmie: ottenere uno strumento dividendo un fascio di stecchetti potrebbe essere un risultato casuale piuttosto che un risultato previsto e pianificato. Questa possibilità è confermata dai dati ottenuti con i cebi (Visalberghi, 1993): anche queste scimmie modificavano lo strumento prima di utilizzarlo ma, a differenza di scimpanzé, i cambiamenti venivano apportati indiscriminatamente a utensili adeguati e inadeguati. Inoltre l'elevato numero di errori e la mancata diminuzione degli stessi col succedersi delle prove fanno propendere a sostegno di un'incapacità a distinguere tra caratteristiche funzionali e disfunzionali dello strumento.

Poche evidenze in natura ed alcune in cattività sono state segnalate anche tra i babbuini (Beck, 1973; Westergaard e Suomi, 1992), e tra i tamarini (ad esempio Hauser et al., 2002; Santos et al., 2003, 2005).

Diverse sono le teorie che tentano di fare luce sulle possibili cause e fattori che determinano la diffusione dell'uso degli strumenti tra i primati non umani. Alcune danno maggiore enfasi ai fattori individuali dell'apprendimento, altre invece considerano l'apprendimento sociale come fattore determinante nel favorire la trasmissione di nuovi

comportanti tra conspecifici. Nei successivi paragrafi verranno brevemente descritti i principali tipi di apprendimento individuale e sociale.

5. Ontogenesi dell'uso di strumenti secondo una prospettiva piagetiana

La più importante teoria sullo sviluppo mentale del bambino, la prima ad averne analizzato sistematicamente, col metodo clinico di esplorazione delle idee, la percezione e la logica, è quella elaborata da Jean Piaget (1896-1980). Egli ha dimostrato sia che la differenza tra il pensiero del bambino e quello dell'adulto è di tipo qualitativo (il bambino non è un adulto in miniatura ma un individuo dotato di struttura propria) sia che il concetto di intelligenza (capacità cognitiva) è strettamente legato al concetto di "adattamento all'ambiente".

Piaget ha suddiviso lo sviluppo cognitivo del bambino in cinque livelli (periodi o fasi), caratterizzando ogni periodo sulla base dell'apprendimento di modalità specifiche, ben definite. Ovviamente tali modalità, riferendosi a una "età evolutiva", non sempre sono esclusive di una determinata fase.

Mi occuperò in questa sede della Fase sensomotoria che caratterizza il bambino dalla nascita sino all'età di due anni circa. Questa Fase è stata suddivisa da Piaget in sei stadi:

- 1) *Riflessi innati*: dalla nascita al primo mese. Questa Fase è caratterizzata da modalità reattive innate: pianto, suzione, vocalizzo ecc., che il bambino utilizza per comunicare col mondo esterno. L'esercizio frequente di questi riflessi, in risposta a stimoli provenienti dal suo organismo o dall'ambiente, porta all'instaurarsi di "abitudini". Non c'è ancora né imitazione né gioco, però il bambino è stimolato a piangere dal pianto di altri bambini.
- 2) *Reazioni circolari primarie*: dal secondo al quarto mese. Per "reazione circolare" s'intende la ripetizione di un'azione prodotta inizialmente per caso, che il bambino esegue perché risultano piacevoli. Grazie alla ripetizione, l'azione originaria si consolida e diventa uno schema che il bambino è capace di eseguire con facilità anche in altre circostanze. In questo stadio il bambino, che pur ancora non riesce a distinguere tra un "sé" e un "qualcosa al di fuori", cerca di acquisire schemi nuovi: ad es. toccandogli il palmo della mano, reagisce volontariamente chiudendo il pugno, come per afferrare l'oggetto; oppure gira il capo per guardare

nella direzione da cui proviene il suono. Particolare importanza ha la coordinazione tra visione e prensione: ad es. prende un giocattolo dopo averlo visto.

- 3) *Reazioni circolari secondarie*: dal quarto all'ottavo mese. Qui il bambino dirige la sua attenzione al mondo esterno, oltre che al proprio corpo. Ora cerca di afferrare, tirare, scuotere, muovere gli oggetti che stimolano la sua mano per vedere che rapporto c'è tra queste azioni e i risultati che derivano sull'ambiente. Ancora non sa perché le sue azioni provocano determinati effetti, ma capisce che i suoi sforzi sono efficaci quando cerca di ricreare taluni eventi piacevoli, visivi o sonori.
- 4) *Coordinazione mezzi-fini*: dall'ottavo al dodicesimo mese. Il bambino comincia a coordinare in sequenza due schemi d'azione (ad esempio spostare via un cuscino per prendere un giocattolo sottostante). In tal modo riesce a utilizzare mezzi idonei per il conseguimento di uno scopo specifico. L'intenzionalità si manifesta anche nella comunicazione con gli adulti (ad esempio punta il dito verso il biberon per farselo dare). Gradualmente si rende conto che gli oggetti sono indipendenti dalla sua attività percettiva o motoria.
- 5) *Reazioni circolari terziarie* (e scoperta di mezzi nuovi mediante sperimentazione attiva): dai 12 ai 18 mesi. Il bambino, nel suo comportamento abituale, ricorre sempre più spesso a modalità diverse per ottenere effetti desiderati. Inizia il "ragionamento". Mentre prima, per eseguire una sequenza di azioni, doveva partire dall'inizio, ora può interrompersi e riprendere l'azione a qualsiasi stadio intermedio. Inoltre egli è in grado di scoprire la soluzione dei suoi problemi, procedendo per "prove ed errori". Quindi esiste per lui la possibilità di modificare gli schemi che già possiede. Infine può richiamare alla memoria gli oggetti assenti, grazie alle relazioni che intercorrono tra un oggetto e la sua possibilità di utilizzo.
- 6) *Comparsa della funzione simbolica*: dai 18 mesi in poi. Il bambino è in grado di agire sulla realtà col pensiero. Può cioè immaginare gli effetti di azioni che si appresta a compiere, senza doverle mettere in pratica concretamente per osservarne gli effetti. Egli inoltre usa le parole non solo per accompagnare le azioni che sta compiendo (nominare o chiedere un oggetto presente), ma anche per descrivere cose non presenti e raccontare quello che ha visto-fatto qualche tempo prima. Il bambino riconosce oggetti anche se ne vede solo una parte. È in grado di imitare i

comportamenti e le azioni di un modello, anche dopo che questo è uscito dal suo campo percettivo. Sa distinguere i vari modelli e sa imitare anche quelli che per lui hanno un'importanza di tipo affettivo. Vedi ad esempio i giochi simbolici che implicano "fingere di fare qualcosa" o "giocare un ruolo". Le prime forme di pensiero simbolico anticipano quindi lo sviluppo che avverrà durante il periodo successivo (*preoperazionale*).

Prestazioni simili a quelle dei bambini, sebbene ad età diverse, sono mostrate dagli scimpanzé: queste scimmie antropomorfe sono in grado di modificare uno strumento per renderlo adeguato allo scopo a partire dai 5 anni, mentre i bambini risolvono il compito già dopo i 2 anni. Inoltre alcuni degli scimpanzé testati e i bambini al di sopra dei 3 anni mostrano di saper utilizzare adeguatamente uno strumento per evitare che un pezzetto di cibo cada in una trappola; ciò sostiene l'ipotesi che entrambi sappiano rappresentarsi mentalmente la situazione e prevedere le conseguenze delle loro azioni sulla base di essa (Visalberghi e Limongelli, 1996). Tale capacità sembra mancare nei cebi che, anche laddove riescano a trovare la soluzione, adottano una strategia di tipo percettivo piuttosto che rappresentazionale (Limongelli et al., 1995). A conferma di ciò, un'analisi qualitativa evidenzia come i cebi, a differenza di scimpanzé e bambini, non migliorino le loro prestazioni col succedersi delle prove e commettano tentativi palesemente errati (inserire bacchetti troppo corti od oggetti di forma inadeguata) (Visalberghi e Limongelli, 1996). Dai dati illustrati emergono due aspetti coerenti con la teoria di Piaget, secondo cui comprensione di nessi causali e capacità imitative compaiono contemporaneamente: a partire dai 15-18 mesi i bambini iniziano a risolvere compiti implicanti l'uso di uno strumento, e le loro prestazioni sono influenzate dall'osservazione di un modello che risolve il medesimo compito; al contrario i cebi appaiono incapaci di rappresentarsi la soluzione di un compito (che implica il saper prevedere ciò che è richiesto per la soluzione dello stesso) e di imitare.

6. L'apprendimento

Per "*apprendimento*" si intende una modificazione più o meno stabile del comportamento di un soggetto, avvenuta in seguito a una qualche forma di esperienza. Sono state individuate diverse forme di apprendimento, e una prima distinzione riguarda

l'esperienza fonte di cambiamento: si può trattare, infatti, di un evento direttamente sperimentato dal soggetto (*apprendimento individuale*) o di un'esperienza fatta da un altro individuo ed osservata dal soggetto in questione (*apprendimento sociale*). La complessità del mondo sociale, tuttavia, non permette una distinzione così netta; infatti alcuni fattori di natura sociale sono in grado di influenzare, a diversi livelli e in modo differente, l'apprendimento di tipo individuale.

6.1 Apprendimento individuale

6.1.1 Apprendimento per condizionamento classico

Per *condizionamento classico o rispondente* (Pavlov, 1928) si intende un processo attraverso cui un particolare tipo di risposta condizionata (RC) viene elicitata da uno stimolo condizionato (SC) come conseguenza dell'associazione di quest'ultimo ad uno stimolo incondizionato (SI). Uno stimolo è definito incondizionato (SI) quando è in grado di evocare una specifica risposta incondizionata (RI) in maniera automatica, senza cioè che sia necessario alcun tipo di esperienza precedente: la presentazione di cibo, ad esempio, è in grado di elicitare automaticamente nel cane una risposta di salivazione (SI → RI).

Si definisce invece neutro uno stimolo la cui presentazione non evoca normalmente la risposta incondizionata. Relativamente all'esempio riportato precedentemente uno stimolo neutro può essere un qualsiasi suono che non sia già stato associato al cibo. In seguito alla sistematica associazione tra stimolo neutro e stimolo incondizionato, la risposta viene elicitata anche alla presentazione del solo stimolo neutro (ora definito "condizionato", SC). Tale fenomeno è spiegato dalla funzione anticipatoria che lo stimolo condizionato viene ad assumere rispetto allo stimolo incondizionato: il suono di un campanello anticipa la presentazione di cibo e quindi prepara l'animale a salivare (SC + SI → RI). La risposta evocata dallo stimolo condizionato risulta quindi identica a quella che inizialmente era provocata solo dallo stimolo incondizionato (SC → RC = RI). Il significato adattivo del condizionamento classico è ancor più evidente quando lo stimolo condizionato prepara l'animale ad un comportamento di fuga da uno stimolo nocivo (si pensi ad un suono associato ad una scossa elettrica): il condizionamento avversativo determina infatti un apprendimento ancor più rapido.

6.1.2 Apprendimento per condizionamento operante

Il primo a ipotizzare una forma di apprendimento basata invece sulle conseguenze della risposta fu Edward Lee Thorndike (1898), che elaborò la “*legge dell’effetto*”, secondo cui l’animale sarebbe incentivato ad emettere una risposta che avesse effetti positivi. Skinner (1964) verificò sperimentalmente questo enunciato e descrisse questa forma di apprendimento come *condizionamento operante*, in quanto la risposta comportamentale implicata non è automatica bensì volontaria. Gli studi furono condotti con l’utilizzo delle *Skinner box*, gabbie in cui l’animale era libero di muoversi, dotate di una leva che premuta azionava un meccanismo di erogazione del cibo. Ciò che Skinner osservò fu che, una volta premuta casualmente la leva da parte dell’animale, la probabilità che un tale comportamento fosse ripetuto aumentava: in altri termini, la risposta emessa dall’animale risultava rinforzata dalle sue conseguenze. Per “*rinforzo*” si intende quel processo che, comportando conseguenze piacevoli per l’animale, ha come effetto quello di aumentare la probabilità di emissione di una certa risposta: il rinforzo positivo implica l’erogazione di una ricompensa (ad esempio un pezzetto di cibo), mentre quello negativo implica l’erogazione di uno stimolo con valenza nociva o di disturbo, quindi determina un comportamento atto a far cessare la condizione spiacevole (ad esempio interrompe l’erogazione di una debole corrente elettrica). L’effetto di uno stimolo con valore di rinforzatore può essere evidenziato attraverso diversi parametri comportamentali, come la frequenza e la latenza. L’apprendimento di nuove soluzioni attraverso una procedura di condizionamento operante può avvenire senza che l’animale abbia minimamente compreso il compito e il motivo che rende il comportamento vantaggioso. Sono le conseguenze positive e negative di ciò che fa a guidarlo verso la soluzione corretta (*apprendimento per prove ed errori*).

6.1.3 Insight

Una comprensione del compito sarebbe invece implicata nell’apprendimento per *insight* (Kohler, 1925): un comportamento nuovo verrebbe prodotto in maniera improvvisa e senza che l’apprendimento sia frutto di tentativi per prove ed errori.

L’*insight* viene definito dallo stesso Kohler (1925) come la capacità di “vedere” una relazione di tipo causale tra due stimoli o eventi. In questi studi, condotti su alcuni scimpanzé dell’isola di Tenerife, venivano forniti fin dall’inizio gli strumenti necessari per

ottenere cibo altrimenti irraggiungibile: in un caso si trattava di due bastoni, singolarmente troppo corti ma che, uniti tra loro, permettevano di recuperare il cibo posto fuori dalla gabbia; in un altro caso di alcune scatole che, per consentire di raggiungere il cibo appeso al soffitto della gabbia, dovevano essere impilate una sopra l'altra. In entrambi i casi Kohler osservò la risoluzione del compito da parte di alcuni scimpanzé e interpretò tale risultato come frutto del processo di insight.

Tuttavia sono state mosse alcune critiche all'interpretazione di Kohler, suggerendo spiegazioni più semplici ed economiche. Innanzitutto, le condizioni di lavoro di Kohler non assicuravano che gli scimpanzé si trovassero realmente per la prima volta di fronte a oggetti simili a quelli proposti come strumenti: in tal caso, le manipolazioni precedenti avrebbero potuto favorire la scoperta di caratteristiche funzionali alla risoluzione del compito, non rendendo possibile escludere il verificarsi di un apprendimento per prove ed errori. Inoltre, non si può sostenere con certezza che, trovandosi in condizioni casualmente simili, la scimmia non avesse già emesso comportamenti analoghi, facendo venir meno la novità dell'azione che l'apprendimento richiede.

6.2 Apprendimento sociale

Nelle specie animali che vivono in gruppo c'è una maggiore probabilità che la manipolazione di oggetti e l'acquisizione di nuove strategie comportamentali avvenga in presenza di conspecifici. Può capitare che la scoperta di una soluzione o di una nuova proprietà dell'oggetto manipolato si verifichi mentre altri individui si trovano nelle vicinanze e che successivamente anche gli osservatori riproducano lo stesso risultato. Ciò però non è sufficiente per sostenere che si sia verificato un apprendimento di tipo sociale. L'attività di un conspecifico infatti, attirando l'attenzione di un osservatore, può avere come effetto quello di favorire un processo di apprendimento individuale: una soluzione simile a quella osservata potrebbe pertanto essere raggiunta in maniera del tutto autonoma. Tali osservazioni hanno incentivato lo studio di quei fattori prettamente sociali in grado di influenzare, anche solo a livello attentivo, il comportamento di chi osserva, nonostante la situazione non permetta di parlare di apprendimento sociale (Galef e Giraldeau, 2001). Con *“facilitazione sociale”* quindi ci si riferisce a situazioni in cui la sola presenza di un conspecifico può favorire l'apprendimento del comportamento osservato: Byrne (1994) ne parla in termini di effetti sociali che *“agiscono direttamente nell'incoraggiare od iniziare*

delle azioni". Sono stati individuati diversi fenomeni che possono essere raggruppati in quello più generale e ampio di facilitazione sociale.

Molti sono i processi sociali che possono favorire l'acquisizione di un comportamento. La chiara identificazione e delineazione di tali processi però non è un processo semplice ed univoco.

6.2.1 Intensificazione dell'attenzione verso uno stimolo (*stimulus enhancement e local enhancement*)

Quando un animale si trova in presenza di un altro soggetto la sua attenzione può essere attratta dall'oggetto che quest'ultimo sta manipolando (*intensificazione dello stimolo*) o dalla porzione di spazio in cui tale azione si sta svolgendo (*salienda dello spazio*); in entrambi i casi è presente un qualche tipo di associazione tra lo stimolo (oggetto o luogo) ed un rinforzo (es. un pezzo di cibo). Si tratta quindi di un tipo di apprendimento che risente fortemente dei fattori percettivi implicati. Alcuni autori (ad esempio Akins e Zentall, 1996) includono il fenomeno della salienza dello spazio nel concetto di intensificazione dello stimolo, considerando la porzione di spazio in cui l'animale osservato si trova uno stimolo tanto quanto l'oggetto manipolato.

Nel vagliare l'esistenza di forme di apprendimento sociale anche nelle proscimmie si sono osservati fenomeni più facilmente (ed economicamente) interpretabili che possono essere ricondotti al fenomeno dell'intensificazione dello stimolo. Giovani lemuri (*Lemur fulvus*) apprendevano più rapidamente un compito di discriminazione se lo avevano visto risolvere in precedenza dalla madre (Feldman e Klopfer, 1972). Analogamente un gruppo di galagoni (*Otolemur garnettii*) che avevano avuto la possibilità di osservare un conspecifico mentre pescava o semplicemente interagiva con il contenitore in cui si trovano i pesci, riuscivano a recuperare i pesci loro stessi con una maggior probabilità (Watson et al., 1994). In entrambi i casi l'attenzione dell'osservatore è attirata dall'attività dal conspecifico, indipendentemente dall'azione dimostrata. Anche nel caso di altri primati i risultati ottenuti sono stati interpretati in termini di intensificazione dello stimolo e successivo apprendimento per prove ed errori (Visalberghi e Fragaszy, 2002).

6.2.2 Facilitazione della risposta (*Response facilitation*)

In questo processo d'apprendimento la presenza di un modello che mette in atto un'azione già presente nel repertorio comportamentale dell'osservatore, aumenta la probabilità che l'osservatore riproduca quella stessa azione (Byrne 1994, 2005). Un simile processo differirebbe dall'imitazione in quanto possono essere facilitati solo comportamenti già presenti nel repertorio comportamentale dell'animale.

Il fenomeno della facilitazione della risposta è stato riportato in molte specie di primati come ad esempio i Cebi (Visalberghi e Addessi 2000; Dindo et al., 2009) o i Macachi (Ferrari et al., 2005a). Lo stesso fenomeno è stato anche riportato nei bambini (Addessi et al., 2005). Alcuni esempi di facilitazione della risposta ci mostrano come ad esempio l'osservazione di un conspecifico impegnato nell'attività di nutrirsi scateni in un soggetto osservatore conspecifico lo stesso comportamento. È stato anche documentato che la facilitazione sociale riveste un ruolo importante nel favorire l'accettazione di nuovi cibi (Visalberghi e Addessi 2000; Addessi et al., 2005).

6.2.3 Imitazione

La definizione di imitazione è un concetto ancora dibattuto. Fino alla prima metà del secolo scorso l'imitazione è stata genericamente intesa come "l'abilità di copiare il comportamento altrui". Una tale definizione era basata in larga parte sul senso comune e per lungo tempo si è pensato all'imitazione come ad una strategia base di apprendimento, essa veniva infatti considerata un fenomeno "semplice" e piuttosto diffusa nel mondo animale. I primati non umani sono stati considerati per secoli gli animali imitatori per antonomasia. Il pregiudizio che l'imitazione fosse un'abilità largamente diffusa tra i vertebrati risultava dalla considerazione che l'imitazione fosse un metodo d'apprendimento molto efficace, dal momento che, la capacità di imitare gli altri sembrerebbe fortemente adattativa in tutte quelle circostanze in cui le opportunità per fare pratica da soli sono limitate, i costi degli errori sono alti e l'apprendimento tramite esperienza individuale comporterebbe una eccessiva lentezza. Basandosi su tali considerazioni sul valore adattativo dell'imitazione, ci si potrebbe aspettare di osservare tale fenomeno in molte specie animali ma in realtà non è così. Visalberghi e Fragaszy (1990) in una loro review sull'argomento non sono riuscite a trovare alcuna prova univoca che dimostrasse la

capacità di imitare nelle scimmie non antropomorfe e hanno notato che tale capacità era scarsamente dimostrata anche in altre specie animali.

Benché fra gli studiosi non vi sia spesso accordo su una singola definizione d'imitazione, in genere si considera la novità del gesto imitato (l'animale deve compiere un gesto fino a quel momento non presente nel suo repertorio comportamentale) come requisito fondamentale affinché un processo possa essere chiamato imitazione (Galef, 1988).

Una definizione più esaustiva di apprendimento per imitazione è stata elaborata da Visalberghi e Fragaszy (1990, 2000).

L'imitazione avviene quando:

- 1) C (il comportamento copiato) è prodotto da un organismo biologico;
- 2) C è simile a M (il comportamento modello);
- 3) L'osservazione di M è necessaria per la produzione di C;
- 4) C è elaborato per essere simile a M;
- 5) Il comportamento C deve essere un comportamento nuovo, non ancora organizzato in quel preciso modo nel repertorio dell'organismo.

Sono stati riportati dei casi classici di trasmissione culturale ("culturale" è qui usato nel senso generico di "tradizione locale") che sono stati ritenuti esempi di imitazione. Uno di questi è il comportamento di lavaggio del cibo da parte dei macachi giapponesi (*Macaca fuscata*) dell'isola di Koshima.

Imo, una scimmia femmina della tribù di Koshima, nel settembre 1953 iniziò a lavare via la sabbia da una patata sporca (questo cibo, da circa un anno, veniva fornito dai ricercatori). Nell'arco di tempo dei successivi nove anni, l'abitudine di lavare le patate si estese a molti altri individui della tribù. La maggior diffusione del nuovo comportamento si ebbe tra gli individui giovani e tra i parenti di Imo; altri comportamenti culturali simili, come un particolare comportamento utilizzato per separare il frumento dalla sabbia, si diffusero con schemi analoghi a quanto avvenuto per il lavaggio delle patate. Queste osservazioni vennero considerate a lungo evidenze della capacità di imitare dei macachi giapponesi.

Vent'anni dopo si cominciò a ipotizzare spiegazioni alternative per la diffusione culturale avvenuta fra i macachi di Koshima. Venne ad esempio fatta notare la possibilità di un condizionamento involontario da parte degli sperimentatori. Infatti gli sperimentatori, osservando un fenomeno per loro interessante (l'innovativo lavaggio delle patate), avrebbero potuto, a causa dell'aumentato interesse, fornire alle scimmie cibo più

abbondante del solito. Il comportamento di lavaggio delle patate sarebbe stato in questo modo involontariamente rinforzato nei macachi: le scimmie avrebbero potuto associare il lavaggio del cibo con il maggior cibo disponibile.

Affinché l'ipotesi alternativa del condizionamento sia valida, è necessario che il comportamento rinforzato sia presente nel repertorio comportamentale dell'animale anche se esso avviene con bassissima frequenza. Visalberghi e Fragaszy (1990) diedero della frutta sporca ad un gruppo sociale di cebi cappuccini (*Cebus apella*) tenuto in cattività sotto stretta osservazione. Ogni scimmia, in questo esperimento, imparò a lavare il cibo in due ore. Ma queste scimmie non mostrarono di prestare attenzione a quello che i loro conspecifici facevano, impararono invece il comportamento attraverso eventi casuali occorsi mentre giocavano con il cibo e con l'acqua.

Il valore che comunemente si dà all'apprendimento per imitazione è quello di avvenire in tempi relativamente brevi. Il condizionamento invece può avere tempi assai lunghi poiché è necessario aspettare che il comportamento si manifesti spontaneamente affinché lo si possa aumentare in frequenza tramite rinforzo. I macachi di Koshima impiegarono in media due anni per acquisire l'innovativo comportamento dimostrato da Imo. Questa sospetta lentezza di diffusione portò Galef (1988), ed altri autori come ad esempio Visalberghi e Fragaszy (1990), a dubitare del fatto che tale diffusione fosse avvenuta per imitazione. Una volta che un simile dubbio fu insinuato, molti autori analizzarono lo studio eseguito su Koshima: ne risultò che la diffusione del lavaggio delle patate sarebbe potuta avvenire attraverso una moltitudine di processi (dallo *stimulus enhancement*, all'emulazione) oltre che tramite condizionamento. Si cominciò quindi a dubitare che quello studio, come molti altri studi sul campo, avessero le potenzialità per discriminare l'imitazione dai processi imitativi.

6.2.4 Emulazione

Durante l'apprendimento per emulazione un soggetto osservatore impara dal modello lo scopo di un'azione, ma anziché copiare la strategia comportamentale del modello, l'osservatore elabora una propria strategia per ottenere lo stesso risultato: è lo scopo finale che viene copiato, non il comportamento specifico o i pattern motori utilizzati dal modello per ottenere quello scopo. Sulla definizione di emulazione non c'è però accordo unanime tra gli autori.

Dalla letteratura è possibile discernere almeno 3 diversi significati di emulazione (Custance et al 1999):

(1) *Facilitazione dello scopo* (Goal enhancement)

Un soggetto osservatore dirige la propria attenzione verso uno scopo o una ricompensa, ma anziché copiare la strategia comportamentale del modello, l'osservatore trova autonomamente una propria strategia (Byrne, 1994; Tomasello, 1990; Whiten & Ham, 1992; Wood, 1989).

1) *Apprendimento delle caratteristiche* (Affordance learning)

L'osservatore impara, dall'azione del modello, le caratteristiche di un oggetto, per poi copiare il modo in cui l'oggetto viene affrontato (Tomasello et al., 1993; Heyes, 1998). Un osservatore, ad esempio, guardando un dimostratore aprire un vaso potrebbe acquisire la nozione che l'oggetto "vaso" può essere aperto dalla estremità superiore. Inoltre, l'osservatore potrebbe imparare dal dimostratore una strategia di apertura del vaso osservando la rotazione del tappo sino all'apertura.

2) *Tentativo di movimento dell'oggetto* (Object movement reenactment)

Un osservatore apprende come un oggetto, o varie parti dell'oggetto, si muovono (ad esempio, Heyes, 1993). Un osservatore potrebbe notare che un coperchio di un vaso ruota, e se tale movimento è associato ad una ricompensa (il cibo contenuto nel vaso) l'osservatore sarebbe motivato nel tentare di ricreare tale movimento.

3) *Ri-creazione dello stato finale* (Final state re-creation)

L'osservatore vede lo stato finale o il risultato delle manipolazioni che un modello esegue su degli oggetti e prova a ricreare quel risultato in un gruppo simile di oggetti (Custance et al., 1999).

Tali fenomeni citati dimostrano come la facilitazione sociale possa avvenire tramite un insieme di fenomeni diversamente efficaci nell'estrapolare informazioni utili dal comportamento dei conspecifici.

7. Il ruolo delle basi neurali nella comprensione delle azioni e nell'imitazione

Per molto tempo gli studi sul comportamento sociale dell'utilizzo di strumenti sono stati eseguiti soprattutto attraverso paradigmi di natura comportamentale e psicologica. Negli ultimi vent'anni gli studi delle neuroscienze sui primati non umani e sull'uomo hanno

messo in luce la presenza di strutture neurali che potrebbero costituire la base di comportamenti sociali quali l'imitazione e la *Response facilitation*. Per meglio comprendere le caratteristiche di questi sistemi neurali descriverò qui di seguito l'organizzazione corticale da cui questi sistemi emergono.

7.1 Organizzazione della corteccia premotoria ventrale, il lobo frontale

Il lobo frontale dei primati non umani è formato da due aree principali. La prima, collocata rostralmente (corteccia prefrontale), ha soprattutto funzioni di tipo cognitivo, mentre la seconda, disposta caudalmente, è coinvolta nel controllo motorio (corteccia motoria). L'analisi citoarchitettonica di quest'ultima ha evidenziato una quasi totale mancanza di cellule granulari, per cui è definita "corteccia frontale agranulare" (Brodmann 1905, 1909). Essa, sempre da un punto di vista citoarchitettonico, è disomogenea, essendo costituita da un "mosaico di aree" differenziabili tra loro non solo da un punto di vista anatomico ma anche funzionale (Matelli et al., 1985, 1991; Rizzolatti et al., 1988).

7.2 Organizzazione anatomo-funzionale dell'area premotoria ventrale F5

Grazie agli studi condotti da Matelli e collaboratori (1985, 1991) è stato possibile costruire una mappa sulla base di analisi citoarchitettoniche ed istochimiche, oltre che sulle proprietà odologiche e funzionali dei vari settori. Le aree motorie frontali della scimmia (genere *Macaco*) vengono indicate con la lettera "F", a cui segue un numero compreso tra 1 e 7.

F5 costituisce la parte più rostrale dell'area 6 inferiore. Attraverso studi di microstimolazione elettrica e di registrazione dell'attività di singoli neuroni, è stato dimostrato che in tale area sono rappresentati movimenti di mano e bocca, che tendono ad essere separati spazialmente: i primi sono collocati dorsalmente, i secondi ventralmente (Gentilucci et al., 1988; Rizzolatti et al., 1988; Ferrari et al., 2003), con una notevole sovrapposizione tra queste due rappresentazioni.

La maggior parte dei neuroni della mano si attivano in modo specifico in relazione a movimenti finalizzati di vario tipo, come il prendere, il manipolare, il rompere, il tenere. I medesimi neuroni non presentano invece attività durante movimenti simili da un punto di

vista motorio, ma aventi finalità differente. Alcuni neuroni di tale area presentano una risposta legata chiaramente al fine di un determinato atto motorio indipendentemente dall'effettore utilizzato per compierla (ad esempio prendere con la mano o prendere con la bocca).

Tra i neuroni motori dell'area F5, i più numerosi sono quelli coinvolti nell'azione di afferramento, la cui attivazione ha inizio prima del contatto mano-oggetto ed i quali possono cessare la propria attività a contatto avvenuto oppure prostrarla anche per un certo periodo di tempo successivo.

Una buona parte di questi neuroni presentano una selettività nei confronti di certi tipi di prensione. I tipi di prensione più comunque sono: la presa di precisione a pinza (con opposizione di pollice ed indice), la presa di forza (utilizzo di tutta la mano), la presa con le dita senza coinvolgimento del palmo, la presa eseguita utilizzando un solo dito, solitamente l'indice.

I dati indicano che nell'area F5 è presente una sorta di "vocabolario" di atti motori che riguardano l'uso della mano, in cui le parole sono rappresentate da popolazioni di neuroni, ognuna legata ad un certo atto motorio (ad esempio prendere) o ad uno specifico aspetto di esso e alla modalità con cui l'atto va eseguito (ad esempio una presa di precisione) (Rizzolatti et al., 2000).

L'esistenza di questo vocabolario è importante poiché innanzi tutto facilita il processo di selezione degli effettori finali del movimento; e in secondo luogo, facilita l'associazione tra proprietà fisiche dell'oggetto e il movimento più appropriato per eseguire un atto motorio su di esso.

Qual è il meccanismo attraverso cui avviene il passaggio visione dell'oggetto- atto finalizzato sull'oggetto? Alla base del processo vi è un meccanismo di trasformazione visuomotoria.

La presentazione visiva di oggetti determina l'attivazione di circa il 20% dei neuroni di F5 (Rizzolatti et al., 1988). C'è una selettività per la forma e la grandezza degli oggetti efficaci nel determinarne l'attivazione. Questi neuroni hanno inoltre proprietà motorie, mostrando un'ottima congruenza fra gli oggetti efficaci nel determinarne l'attivazione se osservati e il tipo di prensione che, se attuato, li attiva a sua volta. In altre parole, la visione di un oggetto di una certa forma o dimensione attiva, quando osservato, gli stessi neuroni che rispondono quando la scimmia compie una specifica prensione nei confronti di quell'oggetto.

Ciò significa che la visione dell'oggetto attiva una popolazione neuronale che

rappresenta un potenziale "atto motorio", come quello del prendere, che, a seconda della situazione, può rimanere tale o essere tradotto in esecuzione.

7.3 Il sistema mirror

Nell'area F5 è presente una classe particolare di neuroni visuomotori che scaricano sia quando l'animale esegue un determinato atto motorio, sia quando esso osserva un altro soggetto, scimmia o uomo compiere un atto motorio simile (Di Pellegrino, 1992; Gallese et al., 1996; Rizzolatti et al., 1996). Questi neuroni sono stati definiti "mirror" o "specchio", proprio a causa di questa loro peculiarità. Essi, per essere attivati richiedono l'interazione fra un effettore biologico, che sia la mano o la bocca, ed un oggetto. Infatti, risultano inefficaci nel determinare una risposta visiva sia la presentazione di un oggetto, sia la vista di un soggetto che mima l'atto motorio efficace, sia di un soggetto che attua gesti intransitivi, ovvero non diretti ad un qualche oggetto. La risposta non dipende dal significato che un oggetto riveste per la scimmia. Questi neuroni dimostrano di possedere un certo grado di generalizzazione: se si presentano stimoli visivi differenti, ma che rappresentano lo stesso atto motorio, si ottiene comunque la risposta; ad esempio, sia che l'azione di afferramento sia eseguita dalla mano della scimmia che dalla mano dello sperimentatore umano, la risposta dei neuroni relativi all'afferramento con la mano è presente. La scarica è anche indipendente dal fatto che successivamente ci sia una ricompensa o meno nei confronti della prestazione della scimmia. La più importante caratteristica dei neuroni mirror è la relazione fra proprietà visive e proprietà motorie. Infatti questi neuroni presentano un notevole grado di congruenza fra le risposte motorie e quelle visive. Tuttavia, a seconda del grado in cui tale congruenza è presente, sono state individuate tre categorie di neuroni: "strettamente congruenti", "ampiamente congruenti", "non congruenti" (Gallese et al., 1996; Rizzolatti et al., 1999).

Nella porzione laterale della corteccia premotoria ventrale vi sono due tipologie di neuroni mirror, che appartengono alla classe di quelli che sono stati definiti come "neuroni mirror della bocca" (Ferrari et al., 2003; Fogassi et al., 2004). Questi neuroni si attivano quando una scimmia osserva ed esegue selettivamente atti motori che coinvolgono la bocca, cioè atti ingestivi (come il mordere, lo strappare con i denti, il succhiare, il leccare) o comunicative.

Nel primo caso, i neuroni sono stati definiti "neuroni mirror ingestivi". Essi richiedono, così come gli altri neuroni mirror, l'interazione fra un effettore ed un oggetto per attivarsi. Non rispondono alla sola presentazione di un oggetto né ad atti mimati con la bocca. Presentano una risposta visiva spesso specifica e dall'analisi della congruenza fra risposta visiva e risposta motoria risulta che circa il 90% di essi possiede una congruenza ottima (cioè l'azione eseguita con la bocca che determina la risposta neuronale è la stessa che, se osservata dalla scimmia, determina a sua volta la risposta dei medesimi neuroni).

Il secondo tipo di neuroni mirror della bocca sono stati definiti "neuroni mirror comunicativi" e sono presenti tuttavia in percentuale ridotta (15%). Essi si attivano in risposta a gesti quali *lip-smacking* o *tongue-protrusion*, che sono gesti comunicativi di tipo affiliativo appartenenti al repertorio della scimmia (Maestripietri, 1996; Van Hooff, 1967). Essi non rispondono, o rispondono debolmente, all'osservazione, da parte della scimmia, di atti ingestivi. Tali neuroni presentano una risposta motoria complessa: infatti, una parte di queste cellule rispondono anche quando la scimmia esegue atti ingestivi.

Sembrerebbe perciò esistere un'incongruenza fra azione efficace nel determinare la scarica neuronale se eseguita ed azione efficace nel determinare la stessa risposta neuronale se osservata; in particolare, la risposta motoria appare meno specifica di quella visiva. Ad esempio, uno di questi neuroni può presentare un'attivazione specifica di tipo visivo quando la scimmia osserva lo sperimentatore che esegue il *lip-smacking* ed un'attivazione motoria sia quando la scimmia esegue il *lip-smacking* che quando esegue azione ingestive. Notiamo però che c'è somiglianza fra gli atti (comunicativi e ingestivi) che determinano la risposta motoria. Per esempio sia il *lip-smacking* che un'afferramento di cibo che avviene con protrusione della lingua implicano un'apertura e chiusura della bocca e delle labbra e una estensione della lingua. La scoperta di questi neuroni ha ulteriormente rafforzato i dati etologici ed evolutivi che suggeriscono uno stretto legame tra azioni comunicative ed azioni ingestive.

Alcuni dati sperimentali hanno dimostrato che nella corteccia premotoria ventrale vi è la presenza di neuroni che rispondono non solo durante l'esecuzione o l'osservazione di specifici atti motori ma si attivano anche quando il soggetto sente il solo suono prodotto dall'esecuzione di quell'atto. Queste cellule sono in grado di discriminare fra i suoni prodotti da differenti atti motori. Tali neuroni associano il suono che normalmente accompagna una determinata atto (ad es. il rumore che accompagna la rottura di una nocciolina) e la visione dell'atto stesso da parte della scimmia mentre viene compiuta da qualcun altro, con la rappresentazione motoria interna dello stesso atto. Essi codificano

l'azione indipendentemente dal fatto che essa sia eseguita dalla scimmia o eseguita da un altro individuo e quindi osservata o sentita dall'animale. (Keysers et al., 2003). Le proprietà dei neuroni audio visivi hanno rilevanza diretta per l'ipotesi gestuale sull'origine del linguaggio: essi infatti hanno la capacità di rappresentare i contenuti dell'atto motorio ed hanno accesso a questi contenuti mediante l'input uditivo e visivo, due caratteristiche tipiche del linguaggio. L'accesso alla rappresentazione astratta dell'azione incorporata dai neuroni mirror audiovisivi è analoga al modo in cui noi utilizziamo i verbi nel linguaggio. Ad esempio, il verbo "strappare" possiede un significato astratto che può essere usato in più contesti, come "ti vedo strappare un foglio", "ti sento strappare un foglio", "strappo un foglio". Un verbo, infatti, può essere utilizzato in più modi, ma il suo significato rimane lo stesso, indipendentemente dal contesto in cui è usato o dal soggetto che attua l'azione o che la subisce (Keysers et al., 2003; Kohler et al., 2002).

Questo meccanismo di integrazione multimodale, quindi, può essere utilizzato per la rappresentazione ed il riconoscimento di azioni rilevanti da un punto di vista ecologico e può costituire un substrato importante per lo sviluppo della funzione linguistica umana.

7.4 I neuroni mirror che rispondono all'uso di strumenti

Nel settore laterale dell'area premotoria ventrale della scimmia è stato individuato, oltre ai neuroni mirror della bocca, un tipo ulteriore di neuroni visuomotori. In base alle proprietà che hanno dimostrato di possedere, sono stati definiti "neuroni mirror che rispondono agli strumenti" (Ferrari et al., 2005b).

Essi si attivano sia quando la scimmia osserva un atto motorio eseguito da uno sperimentatore con uno strumento familiare all'animale (una bacchetta appuntita o una pinza) sia quando esegue un atto motorio con la mano o la bocca. E' da notare che questi neuroni non rispondono o rispondono molto meno quando l'atto motorio osservato è eseguito con la mano.

Questi neuroni non rispondono alla semplice presentazione dello strumento o di altri oggetti o di cibo, né all'osservazione di azioni mimate (utilizzando lo strumento o un effettore biologico, ma senza l'oggetto sui cui effettuare l'azione). Non c'è risposta nemmeno se la scimmia osserva l'esecuzione di atti motori attuati con strumenti che non le sono familiari. C'è congruenza fra le risposte visive e motorie della maggior parte di tali neuroni. Ad esempio, una cellula risponde sia all'osservazione dello sperimentatore che

infilza e tiene con un bastoncino appuntito un pezzo di cibo, sia quando la scimmia afferra e tiene un simile pezzo di cibo, azioni confrontabili non in termini di effettori ma in termini di scopo.

L'attivazione dei neuroni mirror che rispondono agli strumenti non dipende né dalla distanza, né dalla direzione, né dal settore dello spazio in cui lo sperimentatore esegue le azioni osservate dalla scimmia.

Per quanto riguarda la loro funzione, l'ipotesi è che essi appartengano ad un sistema che permette all'osservatore di estendere la propria capacità di comprensione ad azioni che non fanno parte del proprio repertorio di rappresentazioni motorie dato che le scimmie studiate in questo esperimento non erano state addestrate ad usare gli strumenti osservati. Tale meccanismo potrebbe essere alla base non solo della comprensione di azioni effettuate con l'uso di strumenti, ma anche dell'apprendimento del loro utilizzo e della capacità di trasmettere i nuovi apprendimenti ad altri individui. Questo potrebbe essere parte del meccanismo fisiologico che ha successivamente condotto all'ampio uso di strumenti nei primati non umani ed umani. Rappresenterebbe una proprietà già presente, in potenza, in una determinata area cerebrale della scimmia, che avrebbe poi favorito l'evoluzione di nuove funzioni nelle specie imparentate e più evolute, come l'imitazione (Ferrari et al., 2005).

7.5 I neuroni mirror e la loro importanza nella comprensione delle azioni e nel fenomeno dell'imitazione

Come già illustrato precedentemente il sistema mirror scoperto nell'area prefrontale F5 del macaco e presente probabilmente anche nell'uomo è importante ai fini di una comprensione delle azioni ma potrebbe anche essere importante nei processi imitativi.

Il sistema mirror infatti potrebbe costituire la base per tutti i comportamenti imitativi dal momento che rende possibile alcune forme base di riconoscimento automatico delle azioni degli altri e delle intenzioni motorie. Sappiamo infatti che i neuroni mirror scaricano sia quando la scimmia esegue un atto motorio (ad esempio afferrare un oggetto) sia quando la scimmia osserva la stessa azione messa in atto da un conspecifico o da uno sperimentatore, non rispondono all'osservazione di azioni mimate e sono in grado di decodificare lo scopo motorio dell'azione sia eseguita che osservata. Il sistema mirror è in grado di attivarsi e codificare anche scopi motori dell'azione anche quando tale azione non

fa parte del repertorio motorio della scimmia. In un recente lavoro condotto da Ferrari e collaboratori (Ferrari et al., 2005b) è stato infatti osservato come i neuroni si attivassero durante l'osservazione di azioni eseguite con uno strumento familiare all'animale (ad esempio una bacchetta) ma di cui la scimmia non si era mai servita ne sapeva utilizzare.

Nonostante sia stato ampiamente dimostrato che il sistema mirror permetta alla scimmia il riconoscimento e quindi la probabile comprensione degli atti motori e delle azioni dei soggetti da lei osservati (sperimentatore o conspecifico) non è stato ancora possibile individuare nelle scimmie nessuna forma di imitazione. Le scimmie non antropomorfe non hanno quindi capacità imitative anche se recenti studi hanno comunque messo in evidenza altre loro capacità: sanno ad esempio riconoscere quando vengono imitate (Paukner et al., 2005), sanno riconoscere azioni congruenti da azioni non congruenti (Rochat et al., 2008) eseguite anche con uno strumento (Santos et al., 2003) e in epoca neonatale, sono in grado di imitare un movimento della bocca eseguito da uno sperimentatore (Ferrari et al., 2006). Tale capacità, che si pensava esistere solo nei bambini (Meltzoff e Moore 1977, 1983) e negli scimpanzé (Myowa 1996, Myowa-Yamakoshi et al., 2004) è osservata nei piccoli di macaco di pochi giorni di vita, ma tale capacità scompare però verso il 7° giorno di vita senza più ricomparire in età adulta.

Questi esempi ci mostrano quindi come il sistema mirror possa essere fondamentale per permettere alle scimmie non solo le azioni degli altri e i loro scopi ma anche di comprendere alcuni aspetti legati all'imitazione (intesa come una volontaria abilità di copiare il comportamento altrui) nonostante una vera imitazione non sia presente nel repertorio comportamentale degli individui.

7.6 Il sistema mirror nell'uomo

Evidenze seppure molto indirette, a favore dell'esistenza nell'uomo di un meccanismo che oggi interpretiamo come meccanismo specchio erano interpretabili in alcuni studi di elettroencefalografia (EEG), condotti nella prima metà degli anni Cinquanta sulla reattività dei ritmi cerebrali durante l'osservazione di movimenti.

Negli esperimenti di Gastaut e colleghi (1954) era emerso che il ritmo *mu*, normalmente inattivo in condizioni di riposo (si desincronizza quando il soggetto compie un movimento attivo, o quando subisce una stimolazione somatosensoriale), si bloccava alla vista di azioni eseguite da altri individui. A quarant'anni di distanza Cochin e colleghi

(1998, 1999) e Ramachandran e collaboratori, stimolati dalla scoperta dei neuroni specchio hanno ripreso quegli esperimenti, servendosi di metodologie più raffinate. Cochin e collaboratori in particolare hanno mostrato che l'osservazione di movimenti della gamba o del dito fossero accompagnati dalla desincronizzazione del ritmo *mu*, cosa che non accadeva quando veniva presentato un semplice oggetto: quindi il ritmo che viene desincronizzato dall'esecuzione di movimenti da parte del soggetto, lo è anche durante la loro osservazione.

Prove convincenti dell'esistenza di un sistema mirror nell'uomo sono state fornite da studi di TMS e fMRI.

Sono stati eseguiti anche studi di PET (tomografia ad emissione di positroni) per cercare di localizzare le aree cerebrali che sono coinvolte nel sistema specchio dell'uomo. Uno di questi esperimenti inizialmente diede risultati deludenti (Decety et al., 1994). Ad alcuni soggetti venivano mostrate immagini che raffiguravano movimenti di prensione compiuti da una mano generata da un sistema di realtà virtuale. La PET non registrò attività significative in aree motorie che potessero corrispondere alla corteccia premotoria ventrale della scimmia. Si decise quindi di ripetere l'esperimento, ma con una variante: i movimenti osservati non erano più eseguiti da una mano virtuale, bensì da una reale (Rizzolatti et al., 1996b). I dati della PET furono questa volta positivi: essi confermarono quanto emerso dall'analisi dei neuroni specchio della scimmia; vi sono aree frontali che si attivano quando il soggetto osserva azioni compiute con la mano. Siccome l'attivazione coinvolgeva, sorprendentemente, anche l'area di Broca alcuni studiosi (Grèzes e Decety, 2001; Heyes, 2001) si sono chiesti se fosse possibile interpretare i dati di neuroimmagine riscontrati nell'uomo come derivati da una rappresentazione verbale interna.

Infatti è possibile che si descriva verbalmente in modo silente un'azione mentre la osserviamo. Per rispondere a questa obiezione Buccino e collaboratori (2001) hanno condotto un esperimento di fMRI, chiedendo a dei soggetti di guardare dei videoclip in cui un attore compiva azioni transitive (come mordere una mela, prendere una tazzina di caffè, dare un calcio a un pallone) o in cui mimava gli stessi atti in assenza di oggetto.

L'osservazione dei movimenti transitivi fatti con la bocca attivava due foci nel lobo frontale, uno in corrispondenza della parte posteriore del giro frontale inferiore e uno in corrispondenza della parte inferiore del giro precentrale di entrambi gli emisferi, e due foci nel lobo parietale inferiore.

L'osservazione dei movimenti transitivi eseguiti con la mano determinava un pattern d'attivazione simile, ma l'attivazione della parte inferiore del giro precentrale era posta più dorsalmente, mentre quella rostrale del lobo parietale si spostava posteriormente.

Quanto alle azioni transitive eseguite col piede, si notava una sola attivazione frontale, più dorsale di quelle rilevate durante l'osservazione delle azioni di bocca e mano, e un ulteriore spostamento posteriore dell'attività parietale. In altre parole, nonostante un notevole grado di sovrapposizione, il sistema attivato durante l'osservazione mostrava un'organizzazione somatotopica con foci corticali dedicati ad azioni compiute con la mano, con la bocca e col piede. L'osservazione delle azioni mimate dava un pattern di attivazione simile ma limitato al lobo frontale. Se l'interpretazione basata sulla mediazione verbale fosse stata corretta, l'area di Broca avrebbe dovuto attivarsi indipendentemente dal tipo di azione osservata e dall'effettore usato e l'attivazione si sarebbe avuta solo a sinistra. In più non ci si sarebbe dovuti attendere alcuna attivazione a livello della corteccia premotoria. I dati sopra riportati dimostrano esattamente il contrario. Da questo esperimento emerge come il sistema dei neuroni specchio nell'uomo comprenda, oltre all'area di Broca, larghe parti della corteccia premotoria e del lobo parietale inferiore. Inoltre mostra come il sistema specchio nell'uomo non sia limitato ai movimenti della mano e neppure agli atti transitivi, ma risponda anche agli atti mimati.

8. Lo schema corporeo e la sua modificazione a seguito dell'acquisizione della capacità di utilizzare uno strumento

Tutti i recettori di senso partecipano alla conoscenza del proprio corpo e alla costruzione del cosiddetto schema corporeo, un costrutto mentale che include non solo l'insieme delle sensazioni somatiche, ma anche sensazioni visive, uditive, ecc. nonché componenti della memoria e della sfera emotiva e motivazionale che il soggetto riordina nell'immagine di sé (Berlucchi e Aglioti, 1997).

Lo sviluppo e affinamento dello schema corporeo dipende dalle esperienze postnatali e richiede la convergenza a livello cerebrale di segnali di senso di diverso tipo che provengono da una stessa parte del corpo con una precisa coincidenza temporale: il bambino impara a riconoscere un arto come suo vedendolo in movimento e ricevendo allo stesso tempo i segnali tattili e propriocettivi generati in quell'arto dal movimento medesimo (Neisser, 1993). Un adulto percepisce illusoriamente che una mano di gomma sia sua quando vede toccare questa mano in una posizione appropriata, mentre allo stesso tempo la sua propria mano riceve al di fuori della vista uno stimolo tattile in precisa sincronia con quello applicato alla mano finta (Tsakiris e Haggard, 2005).

Lo schema corporeo può ampliarsi per includere oggetti aventi rapporti di stretta contiguità con il corpo come indumenti, ornamenti e strumenti. Quando si pianta un chiodo con un martello l'estremità percepita dell'arto che tiene il martello non è la mano ma la testa dello stesso martello. Anche in questo caso la visione dell'arto che opera, compreso il martello, e i corrispondenti segnali propriocettivi che provengono sincronicamente da quello stesso arto, generano nello schema corporeo una rappresentazione multisensoriale che incorpora anche lo strumento (Berlucchi e Aglioti 1997, 2002). Le basi nervose di queste estensioni dello schema corporeo sono state esaminate e dimostrate in termini di attività di singoli neuroni corticali anche nei macachi (per una review si veda Maravita e Iriki, 2004).

Noi possiamo percepire, localizzare, raggiungere un oggetto e tali "operazioni" si distinguono a seconda del luogo in cui l'oggetto si trova, dalla posizione che esso occupa nella spazio. Se l'oggetto da raggiungere si trova vicino al soggetto, e quindi nel suo spazio peripersonale, raggiungerlo ed afferrarlo è un'operazione che potrà essere eseguita senza che il soggetto compia un totale spostamento del corpo. Se al contrario l'oggetto da raggiungere si trova lontano dal soggetto e quindi in uno spazio extrapersonale, uno spostamento corporeo sarà necessario. In alternativa il soggetto

potrebbe decidere di servirsi di uno strumento per raggiungere ed afferrare l'oggetto di interesse. Qualsiasi sia comunque la strategia del soggetto per raggiungere tale oggetto è importante che la posizione dell'oggetto venga codificata in relazione al corpo del soggetto. Ma cosa succede se è invece un primate non umano ad utilizzare uno strumento? Che cosa avviene a livello cerebrale e soprattutto a livello del suo schema corporeo?

In una serie di studi (ad esempio Iriki et al., 1996; Maravita e Iriki, 2004) si è effettuato un training ad un gruppo di macachi (*Macaca fuscata*) addestrandoli all'uso di una paletta da croupier per recuperare cibo non direttamente raggiungibile. Dopo 2 settimane circa di addestramento nelle scimmie si poteva registrare non solo una modificazione a livello comportamentale (le scimmie ora infatti utilizzavano lo strumento correttamente) ma anche una modificazione a livello dell'attività di singoli neuroni.

Nella parte anteriore mediale del solco intraparietale vi è un particolare gruppo di neuroni con proprietà bimodali la cui caratteristica è quella di rispondere sia a stimoli somatosensoriali sia a stimoli visivi. Alcuni di questi neuroni rispondono a stimoli somatosensoriali applicati alla mano e a stimoli visivi applicati vicino all'arto (campi recettivi visivi peripersonali). La caratteristica sorprendente osservata in questi neuroni bimodali dopo l'addestramento all'uso di uno strumento è che essi sono in grado di espandere il loro campo recettivo visivo includendo l'intera lunghezza di uno strumento.

Altri tipi di neuroni bimodali aventi invece un campo recettivo somatosensoriale collocato a livello del collo e della spalla del soggetto, sono caratterizzati da un campo recettivo peripersonale visivo che comprende lo spazio raggiungibile dal braccio. Dopo l'acquisizione dell'uso di uno strumento da parte della scimmia, il loro campo recettivo visivo prossimale si espande per comprendere tutto quello spazio che ora è raggiungibile con lo strumento. Tale espansione del campo recettivo della scimmia che avviene non appena il soggetto acquisisce l'utilizzo dello strumento permette quindi al soggetto di espandere anche il proprio schema corporeo includendo in esso anche lo strumento.

In un esperimento successivo (Iriki, 2001), alla scimmia era stato richiesto di servirsi della paletta da croupier per recuperare cibo servendosi di uno schermo televisivo. La mano, lo strumento e anche il cibo erano infatti stati oscurati da un pannello orizzontale posizionato al di sotto del mento dell'animale ed erano quindi visibili solo attraverso lo schermo. Anche durante queste prove i neuroni della scimmia si attivavano nell'osservare azioni eseguite dello spazio per personale della mano, rispondendo quindi non più alla mano in carne ed ossa ma alla sua immagine proiettata su uno schermo. Tale risultato è

stato supportato anche dal fatto che la scimmia ritirava il proprio arto quando sullo schermo appariva un serpente (finto) che per questi animali è uno stimolo in grado di scatenare reazioni difensive.

Ciò suggerisce che a seguito di un addestramento specifico all'uso di uno strumento il cervello è in grado di modificare lo schema corporeo dell'animale e di incorporare lo strumento all'interno di esso.

Ciò significa quindi che gli strumenti ci permettono di estendere il nostro spazio di reaching e possono essere incorporati in una rappresentazione neurale del nostro corpo, ed è questo probabilmente ciò che rende la scimmia capace, a seguito di un training, di utilizzare uno strumento che le viene fornito, utilizzandolo come se fosse la propria mano.

9. Ipotesi di lavoro

Come già accennato precedentemente è difficile tracciare una linea netta tra apprendimento individuale ed apprendimento sociale. È arduo infatti a volte distinguere situazioni nelle quali l'apprendimento individuale è facilitato da stimoli sociali, da situazioni in cui un nuovo comportamento viene incluso nel repertorio dell'animale solo ed esclusivamente in seguito all'osservazione di un conspecifico: molto spesso, difatti, la curiosità e le tendenze manipolative di molte specie di primati permettono loro di scoprire individualmente nuove qualità degli oggetti sui quali l'attenzione sia stata attirata grazie all'attività di conspecifici (es. *stimulus enhancement*).

Lo studio del ruolo giocato dagli aspetti sociali sull'apprendimento dell'uso di strumenti nei primati non può prescindere dalla struttura sociale della specie presa in esame e, soprattutto, dalle capacità cognitive che caratterizzano la specie oggetto d'attenzione. La valutazione dei processi cognitivi implicati in queste forme di apprendimento richiede pertanto paradigmi sperimentali sufficientemente sensibili da consentire la distinzione tra processi di apprendimento individuale per semplice condizionamento ed un'eventuale più profonda comprensione dei nessi causa-effetto implicati. È di fondamentale importanza quindi valutare tutti gli aspetti e le caratteristiche della situazione sperimentale che la scimmia si troverà ad affrontare durante il corso degli Esperimenti.

Dalla letteratura si evince che le scimmie non antropomorfe, ad eccezione dei Cebi, raramente utilizzano strumenti per raggiungere il cibo (Tomasello e Call 1997), ma sappiamo che esse possono apprendere l'utilizzo tramite un addestramento specifico (ad

esempio Natale et al., 1988; Iriki et al., 1996, Hauser 1997; Ishibashi et al., 2000, Santos et al., 2005, 2006; Spaulding e Hauser 2005); numerosi studi ci indicano anche che l'osservazione di un dimostratore (umano e conspecifico) può favorire il processo di apprendimento di un nuovo comportamento (ad esempio imparare l'utilizzo di uno strumento: Hirata e Morimura 2000; Whiten et al., 2005; apprendere la tecnica di apertura di un contenitore: Tennie et al., 2006; imparare una lista di fotogrammi: Subiaul et al., 2007).

L'uso di strumenti nel macaco potrebbe essere collocato a quel livello che Lev Vygotskij (1934) definisce nei suoi studi sui bambini "*zona di sviluppo prossimale*" (ZSP). Nella teoria di Vygotskij la ZSP è un concetto fondamentale che serve a spiegare come lo sviluppo del bambino si svolga essenzialmente grazie a fattori socio-culturali. La ZSP è definita come la distanza tra il livello di sviluppo attuale e quel livello di sviluppo potenziale che potrebbe essere raggiunto ma con l'aiuto di altre persone, siano essi adulti o pari, con un livello di competenza maggiore. Secondo Vygotskij, al bambino si dovrebbero proporre problemi di livello leggermente superiore rispetto alle sue attuali competenze, ma comunque abbastanza semplici da risultargli comprensibili con l'aiuto di un esperto (l'educatore, un adulto o anche un pari con maggiori competenze in quel campo). Se il processo è impostato correttamente, il bambino diventa così capace di eseguire autonomamente un compito che prima non sapeva svolgere.

Un concetto simile è stato elaborato da Jerome Bruner negli anni '70: il termine scaffolding, che significa letteralmente "impalcatura", indica quelle strategie di sostegno e quella guida ai processi di apprendimento (l'aiuto di un esperto, di un adulto o di un pari più preparato) che consentono di svolgere un compito sebbene non si abbiano ancora le competenze per farlo in autonomia.

Le componenti generali dello scaffolding sono:

- a) coinvolgere il bambino nel compito;
- b) mantenere la direzione dell'attività verso il problema da risolvere;
- c) semplificare le componenti del compito;
- d) mostrare le possibili soluzioni;
- e) ridurre i gradi di libertà della situazione;

Le caratteristiche principali dello scaffolding sono da rintracciarsi innanzitutto nell'adeguamento continuo di tale supporto alla ZSP che il bambino mostra di possedere in

un certo momento dello sviluppo, e nella sua progressiva riduzione, fino alla sua scomparsa, quando il bambino è in grado di mettere in atto autonomamente l'abilità o la conoscenza appresa. Un esempio classico di scaffolding è l'aiuto offerto dall'adulto al bambino che sta imparando a camminare.

Alla luce di queste teorie sembra quindi essenziale per un corretto sviluppo e per l'acquisizione di nuove competenze l'aiuto che il bambino riceve dall'esterno, grazie ad un supporto e ad una eventuale dimostrazione delle possibili soluzioni del compito proposto.

Sebbene il presente studio non riguardi problematiche evolutive le teorie precedentemente illustrate potrebbero applicarsi a primati non umani quali i macachi che, pur non mostrando chiaramente la capacità di acquisire autonomamente particolari competenze motorie, potrebbero tuttavia acquisirle attraverso un processo di scaffolding basato sulle interazioni con un dimostratore conspecifico o con un addestratore umano.

Gli studi sui neuroni mirror precedentemente illustrati possono inoltre fornire un supporto a queste teorie. In particolare, tenendo presente le caratteristiche dei neuroni mirror che rispondono selettivamente all'osservazione di atti eseguiti con strumenti, si potrebbe ipotizzare che un simile meccanismo favorisca l'uso di strumenti in scimmie naïve.

Partendo da questa ipotesi ci siamo quindi interrogati se nel macaco l'osservazione di un individuo dimostratore in grado di usare uno strumento potesse suggerire al soggetto osservatore quali strategie mettere in atto per svolgere lo stesso compito. Per fare ciò i soggetti sperimentali sono stati sottoposti a diversi Esperimenti ognuno dei quali suddiviso in Fasi:

In una prima parte dello studio si sono indagate le interazioni spontanee di due scimmie (Esperimento 1) con uno strumento a forma di bacchetta, con il quale avrebbero dovuto recuperare cibo non altrimenti raggiungibile. Ai soggetti era richiesto di mettere in atto il comportamento senza aver ricevuto uno specifico addestramento per l'utilizzo dello strumento (*contesto individuale*). La nostra scelta della bacchetta è stata motivata dal fatto che essa sembrava uno strumento apparentemente semplice da usare (Goldenberg e Iriki, 2007), dal momento che in letteratura esso, (Goldenberg e Iriki, 2007), era già stato impiegato per testare l'abilità di utilizzo degli strumenti in diverse specie di primati (es. Visalberghi e Limongelli, 1994; Limongelli et al., 1995; Westergaard e Suomi 1992; Zuberbühler et al., 1996). Nel corso dell'Esperimento i soggetti sono stati sottoposti ad una

Fase sperimentale che prevedeva anche il suggerimento di parte della sequenza motoria necessaria per recuperare il cibo.

Durante l'Esperimento 2 (*Apprendimento sociale*) si era voluto verificare se l'osservazione di un soggetto dimostratore (umano o conspecifico) che eseguiva l'azione con la bacchetta potesse influire sull'attività di utilizzo dello strumento da parte della scimmia osservatrice.

Durante gli Esperimenti 1 e 2 la fonte di cibo si trovava esternamente alla gabbia dei soggetti, per far sì che essi potessero invece agire in una condizione più etologica e quindi probabilmente più favorevole alla risoluzione del compito, nell'Esperimento 3 (*Generalizzazione dell'uso dello strumento ad un nuovo compito*) abbiamo posto l'apparato e il cibo all'interno della gabbia. Il compito richiesto era il medesimo, ovvero recuperare il cibo utilizzando una bacchetta di legno.

Nella seconda parte dello studio, a seguito di un addestramento specifico delle scimmie ad apprendere il corretto utilizzo dello strumento, abbiamo sottoposto i soggetti ad ulteriori Esperimenti (suddivisi a loro volta in Fasi sperimentali) per valutare il loro grado di generalizzazione dell'abilità appena acquisita:

Durante l'Esperimento 4 si è *modificato il contesto* in cui le scimmie operavano, modificando la posizione di partenza dello strumento e il supporto sul quale il cibo era posizionato.

Durante l'Esperimento 5 abbiamo *modificato la tipologia degli strumenti*, presentando inizialmente ai soggetti uno strumento di forma e peso uguale alla bacchetta precedentemente usata ma costruita con un materiale diverso, e successivamente uno strumento di uguale materiale ma dalla forma e dal peso differenti.

Durante l'Esperimento 6 abbiamo indagato se le scimmie fossero in grado di *riconoscere le caratteristiche funzionali dello strumento* presentando loro 3 utensili contemporaneamente, caratterizzati da lunghezza e forma differente tra loro.

Nell'Esperimento 7 abbiamo nuovamente posizionato il cibo e lo strumento all'interno della gabbia della scimmia osservando *l'utilizzo dello strumento mediante una sequenza motoria differente* rispetto a quella utilizzata negli Esperimenti precedenti.

Infine nell'Esperimento 8 abbiamo consegnato alle scimmie un nuovo strumento a forma di paletta da croupier che se manovrata come se fosse un rastrello, consentiva di recuperare alcuni pezzetti di cibo fuori portata del braccio. In questo Esperimento si

richiedeva al soggetto di utilizzare quindi un nuovo strumento che richiedeva una nuova sequenza comportamentale, differente rispetto a quella necessaria per l'utilizzo della bacchetta.

Nella terza ed ultima parte dello studio (Esperimento 9) abbiamo osservato le modalità di interazione di un gruppo di scimmie naïve con uno strumento, a seguito dell'osservazione di un dimostratore che metteva in atto correttamente il compito di recuperare il cibo servendosi dello stesso attrezzo. In questo nuovo esperimento è stato scelto come strumento una paletta da croupier. Da un punto di vista motorio il suo utilizzo infatti risultava più semplice: le scimmie avrebbero dovuto impugnarlo, estenderlo sino al raggiungimento del cibo e tirarlo a sé con un movimento di recupero).

Prima parte dello studio

Le scimmie non antropomorfe e in particolare i macachi raramente sono stati osservati utilizzare utensili in natura (Malaivijitnond et al., 2006; Gumert et al., 2009), tuttavia alcuni studi effettuati ci indicano che l'osservazione di un dimostratore potrebbe favorire il processo di apprendimento di un nuovo comportamento (ad esempio Hirata e Morimura 2000; Whiten et al., 2005; Tennie et al., 2006; Subiaul et al., 2007). Per verificare come i nostri soggetti si comportavano nei confronti di un nuovo strumento mai visto nè manipolato in precedenza e come il suggerimento di parte del programma motorio e l'osservazione di un dimostratore poteva influire sul loro comportamento sono stati eseguiti alcuni Esperimenti riportati qui di seguito:

ESPERIMENTO 1 (*Interazione spontanea con lo strumento*)

Scopo dell'Esperimento 1 era quello di indagare se la scimmia (*Macaca nemestrina*) fosse in grado di apprendere l'utilizzo di uno strumento individualmente, senza l'intervento di uno specifico addestramento.

METODI

Soggetti

I soggetti sperimentali utilizzati erano 2 scimmie (*Macaca nemestrina*) Charlie e Piccolo, dell'età di 5 anni, nati in cattività e stabulate presso la Sezione Primati del Dipartimento di Neuroscienze dell'Università di Parma. Ogni scimmia era ospitata singolarmente in una gabbia (175 cm x 100 cm x 100 cm) che permetteva però un contatto visivo ed uditivo con altri esemplari (*Macaca nemestrina* e *Macaca mulatta*) ospitate nella stessa stanza.

Per mantenere alta la motivazione al compito durante il corso dell'Esperimento i soggetti sperimentali ricevevano la loro razione di cibo giornaliera la sera, dopo 1 ora circa dalla fine della sessione sperimentale. Il cibo era costituito da frutta, verdura, pane, semi e specifico mangime integratore (pellets); l'acqua invece era sempre disponibile.

Tutto il protocollo sperimentale era conforme alle leggi Europee sulla tutela e l'utilizzo degli animali di laboratorio, era stato approvato dal comitato sull'utilizzo e la cura veterinaria degli animali dell'Università di Parma e dal Ministero della Salute Italiano.

Apparato

Nell'Esperimento 1 il compito proposto alla scimmia consisteva nel raggiungere cibo (yogurt) utilizzando una bacchetta di legno (diametro 1 cm, lunghezza 22 cm). Durante le diverse Fasi sperimentali (1-A, 1-B, 1-C) lo yogurt era contenuto in un bicchiere di plastica (diametro 6,5 cm, altezza 5,5 cm) che la scimmia non poteva raggiungere con la mano nemmeno con una estensione completa del braccio al di fuori della gabbia. La distanza tra gabbia e bicchiere era di 44,5 cm.

Sia il contenitore di cibo che la bacchetta erano collocati su un tavolo di compensato (70 cm x 40 cm).

Per evitare che lo strumento potesse essere allontanato dalla scimmia e non più recuperato questo era fissato al tavolo di compensato tramite una catena metallica di 20 cm; anche il contenitore di cibo era fissato tramite una vite metallica al tavolo, procedura necessaria per prevenire un eventuale allontanamento/capovolgimento del contenitore durante le operazioni di recupero del cibo (vedi Figura 1).

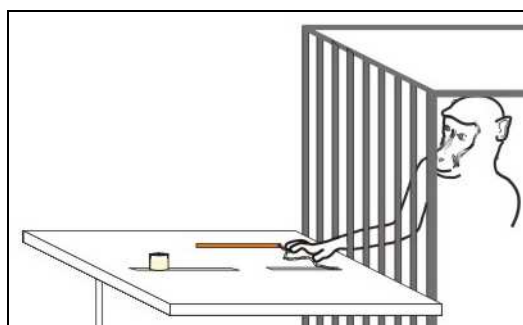


Figura 1. Apparato sperimentale e posizione della scimmia assunta durante l'Esperimento 1

Prima dell'inizio dell'Esperimento ogni scimmia aveva ricevuto un periodo di familiarizzazione della durata di 1 settimana con l'apparato sperimentale (tavolo di compensato e contenitore dello yogurt): tale apparato sperimentale veniva posto davanti alla gabbia del soggetto 2 volte al giorno per una durata di circa 30 min, di modo tale che la scimmia lo potesse esplorare e superare così l'iniziale diffidenza.

Al termine di questa prima fase di familiarizzazione, al soggetto era stata data anche la possibilità di mangiare yogurt direttamente dal contenitore che sarebbe stato utilizzato durante le Fasi sperimentali. Tale procedura si svolgeva in 2 sessioni giornaliere da 15 minuti l'una per una durata totale di 1 settimana.

Procedure

L'Esperimento è stato diviso in 3 Fasi (vedi Tabella 1) e in ognuna il compito che la scimmia doveva eseguire consisteva nel prendere la bacchetta di legno e, attraverso un movimento di estensione del braccio e dell'avambraccio verso l'esterno della gabbia, inserirla all'interno del bicchiere contenete yogurt.

Tutte le fasi sperimentali sono state eseguite all'interno dello stabulario in cui le scimmie erano ospitate. I soggetti sperimentali erano in contatto uditivo ma non visivo con gli altri conspecifici grazie a due alti pannelli (190 cm x 190 cm) di legno posizionati ai lati della gabbia del soggetto stesso.

Tutte le fasi sperimentali sono state videoriprese con una videocamera digitale CANON MVX250i, i filmati sono stati poi analizzati off-line per valutare la frequenza delle diverse risposte comportamentali.

Tutte le Fasi erano costituite da 10 sessioni sperimentali della durata di 10 minuti ciascuna. Il soggetto era sottoposto ad un numero massimo 3 sessioni giornaliere intervallate da una pausa di almeno 1,5 ore. Tali sessioni sperimentali si svolgevano in un arco di tempo incluso tra le 9:00 e le 15:00.

- FASE 1-A (*Baseline*): In questa Fase si sono volute osservare le interazioni spontanee del soggetto con lo strumento mai visto né manipolato in precedenza. Il compito richiesto al soggetto in questa Fase era quello di afferrare lo strumento che si trovava appoggiato sul tavolo esterno e di inserirlo nel bicchiere per portare poi alla bocca il cibo raccolto.
- FASE 1-B (*Familiarizzazione*): In questa Fase si è voluto valutare quale effetto potesse avere sul soggetto sperimentale il suggerimento di parte della sequenza motoria richiesta per recuperare il cibo. Lo strumento in questa Fase era infatti inserito dallo sperimentatore all'interno del contenitore (operazione non visibile dalla scimmia) una volta al minuto. Il compito richiesto al soggetto era quello di afferrare lo strumento che si trovava già inserito nel contenitore e quindi sporco di yogurt, mangiare e tentare nuovamente di inserire autonomamente lo strumento nel contenitore.
- FASE 1-C (*Test 1*): Al soggetto, similmente alla Fase di *Baseline*, è richiesto nuovamente di afferrare lo strumento posto sul tavolo e di utilizzarlo correttamente per raggiungere il cibo. Questa Fase è stata inserita per

osservare se e come il comportamento del soggetto fosse variato a seguito della precedente Fase di *Familiarizzazione*.

TABELLA 1 Esperimento 1 e relative Fasi

ESPERIMENTO	FASE	SESSIONE		Strategia comportamentale efficace
		N°	DURATA	
1. <i>Interazione spontanea con lo strumento (contesto individuale)</i>	1-A Baseline	10	10 minuti	Afferrare lo strumento appoggiato sul pianetto, inserirlo nel bicchiere e portarlo alla bocca per mangiare.
	1-B Familiarizzazione	10	10 minuti	Afferrare lo strumento già inserito nel contenitore e portarlo alla bocca per mangiare.
	1-C Test 1	10	10 minuti	Come nella Fase 1-A

ANALISI COMPORTAMENTALE

Tutte le sessioni videoregistrate sono state analizzate in modo indipendente da due sperimentatori che conoscevano le Fasi sperimentali.

Nel corso dell'analisi si è considerato il numero di interazioni che il soggetto metteva in atto con lo strumento utilizzando l'effettore mano e l'effettore bocca.

Le categorie di risposta comportamentale erano così suddivise:

Interazione MANO-STRUMENTO (senza afferramento):

- Lo strumento viene toccato dal soggetto tramite la mano ma non viene afferrato ne sollevato.

Interazioni MANO-STRUMENTO (con afferramento):

- Lo strumento viene impugnato dal soggetto tramite la mano.

Queste due categorie comportamentali sono state poi raggruppate in un'unica categoria definita nel testo in modo più generale come "interazione con lo strumento effettuata utilizzando l'effettore MANO".

Interazione con lo strumento per raccogliere il cibo:

- Lo strumento viene afferrato ed utilizzato per raggiungere il cibo.

Interazioni BOCCA-STRUMENTO:

- Lo strumento viene morsicato, leccato e/o annusato dal soggetto utilizzando come unico effettore la bocca o il naso. Non fanno parte del conteggio le interazioni in cui viene anche utilizzato l'effettore mano.

Tale categoria comportamentale viene definita nel corso del testo come "interazione con lo strumento effettuata utilizzando l'effettore BOCCA"

ANALISI STATISTICA

Per porre a confronto le interazioni con lo strumento eseguite con l'effettore mano o con l'effettore bocca si è utilizzato il Test non parametrico di Friedman e il Test non parametrico di Wilcoxon.

Nello specifico si sono messi a confronto i valori registrati prima e dopo la Fase di familiarizzazione (1-B) utilizzando inizialmente un Test di Friedman e successivamente un test di Wilcoxon per individuare quale tra i confronti effettuati risultasse essere significativo.

RISULTATI

In nessuna delle Fasi sopra descritte, in cui la scimmia avrebbe dovuto utilizzare la bacchetta per recuperare il cibo, si era registrato alcun tentativo di impiego corretto dello strumento per recuperare il cibo.

I soggetti mostravano però interazioni esplorative nei confronti dello strumento stesso: le scimmie toccavano e manipolavano lo strumento utilizzando soprattutto l'effettore mano, lo annusavano e lo mordevano utilizzando l'effettore bocca.

Per verificare che i soggetti non avessero sviluppato un comportamento neofobico nei confronti dello strumento abbiamo analizzato il numero delle interazioni eseguite con l'effettore mano e l'effettore bocca durante il corso della prima sessione della Fase di *Baseline* (1-A). Entrambi i soggetti, sin dal primo minuto, hanno interagito con lo strumento, facendo quindi escludere l'ipotesi che una paura nei confronti del nuovo oggetto avesse potuto ostacolare la normale messa in atto del comportamento (vedi Figura 2).

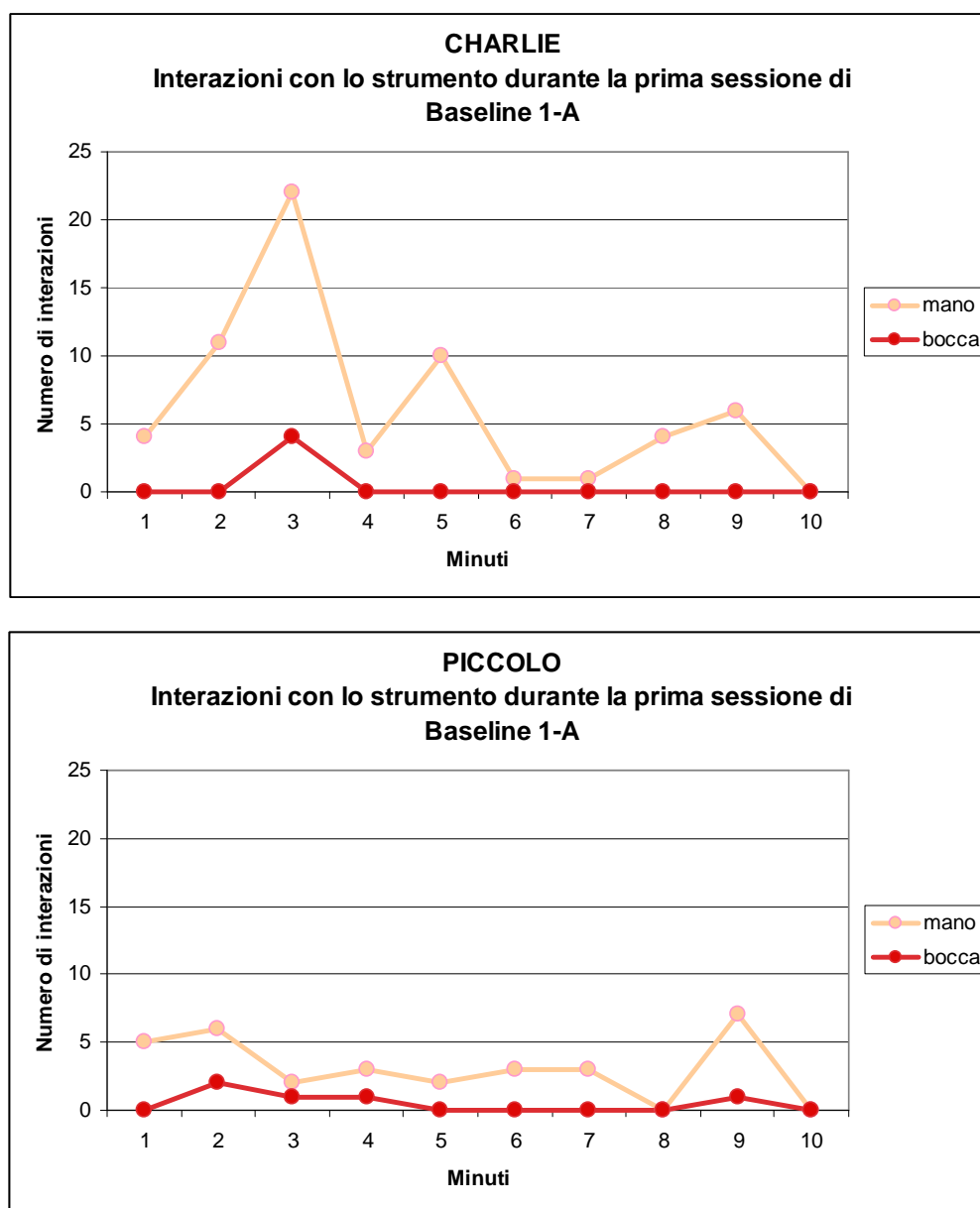


Figura 2. La figura rappresenta il numero di interazioni eseguite durante la prima sessione della Fase di Baseline (1-A) dal soggetto Charlie e dal soggetto Piccolo, utilizzando l'effettore mano e l'effettore bocca

È stato successivamente applicato un Test di Friedman per valutare se nel soggetto Charlie il numero medio di interazioni eseguite con l'effettore **mano** nel corso delle Fasi di *Familiarizzazione* e *Test 1* fosse significativamente differente rispetto alla Fase di *Baseline* $\chi^2(\text{gl}=2)=10,40$ $p=0,005$ (vedi Figura 3).

Un successivo Test di Wilcoxon ha messo in luce un aumento significativo del numero di interazioni durante la Fase di *Familiarizzazione* rispetto alla Fase di *Baseline* ($Z=2,70$ $p=0,007$) (vedi Figura 3).

Un aumento significativo del numero di interazioni eseguite con l'effettore **mano** si è registrato anche nella Fase di *Test 1* se paragonato al numero di interazioni eseguite durante la Fase di *Baseline* ($Z=2,49$ $p=0,01$) (vedi Figura 3).

Paragonando il numero di interazioni, eseguite con l'effettore **mano**, tra la Fase di *Familiarizzazione* e la Fase di *Test 1* non si sono registrate invece differenze significative ($Z=1,48$ $p=0,14$) (vedi Figura 3).

Il Test di Friedman è stato applicato anche al soggetto Piccolo per osservare se il numero medio di interazioni eseguite con l'effettore **mano** risultassero differenti durante le Fasi di *Familiarizzazione* e *Test 1* rispetto alla Fase di *Baseline*, $\chi^2(gf=2)=15,74$ $p=0,0004$ (vedi Figura 4).

Un successivo Test di Wilcoxon ha messo in luce una diminuzione significativa del numero di interazioni eseguite con l'effettore **mano** durante la Fase di *Familiarizzazione* se paragonate con il numero delle interazioni registrate durante la Fase di *Baseline* ($Z=2,43$ $p=0,01$) (vedi Figura 4).

Una diminuzione significativa del numero di interazioni eseguite con l'effettore **mano** si è registrata anche tra la Fase di *Test 1* se paragonate al numero di interazioni eseguite durante la Fase di *Baseline* ($Z=2,28$ $p=0,005$) (vedi Figura 4).

Paragonando il numero di interazioni, eseguite con l'effettore **mano**, tra la Fase di *Familiarizzazione* e la Fase di *Test 1* anche qui si registrano una diminuzione significativa delle interazioni durante la fase di *Test 1* ($Z=2,19$ $p=0,03$) (vedi Figura 4).

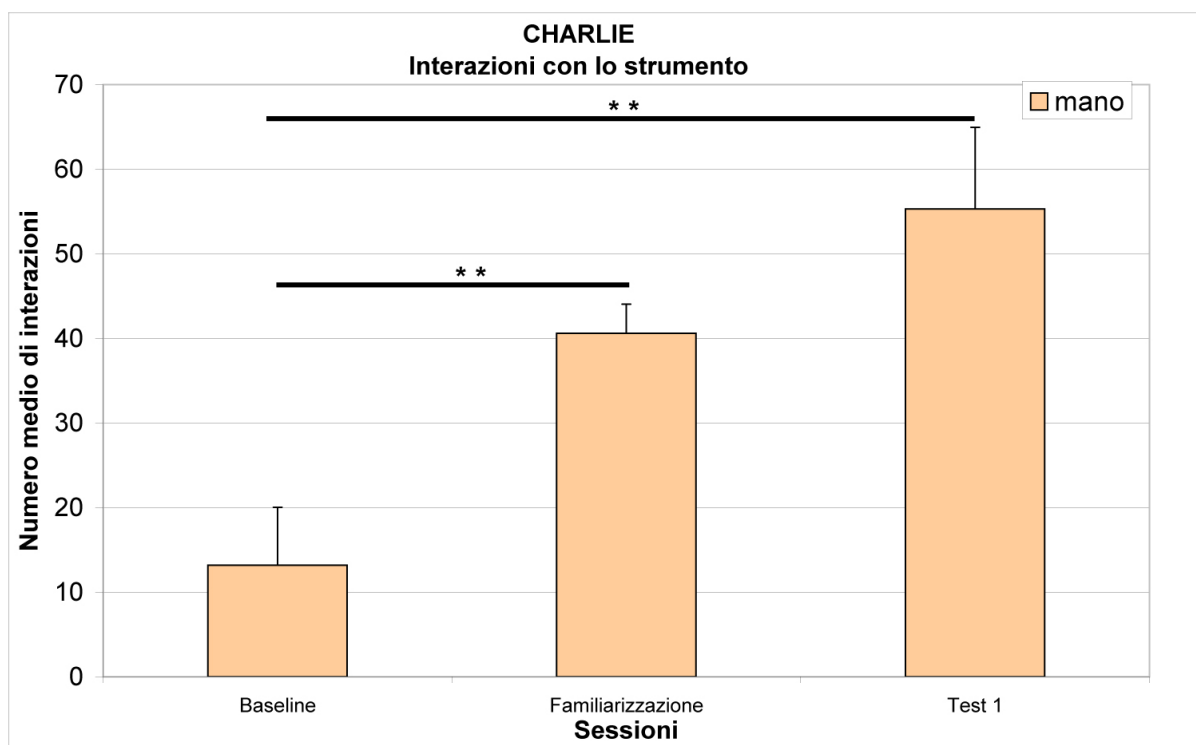


Figura 3. La figura rappresenta il numero medio e l'errore standard delle interazioni effettuate con l'effettore mano nel soggetto Charlie confrontando la Fase di Baseline, Familiarizzazione e Test 1

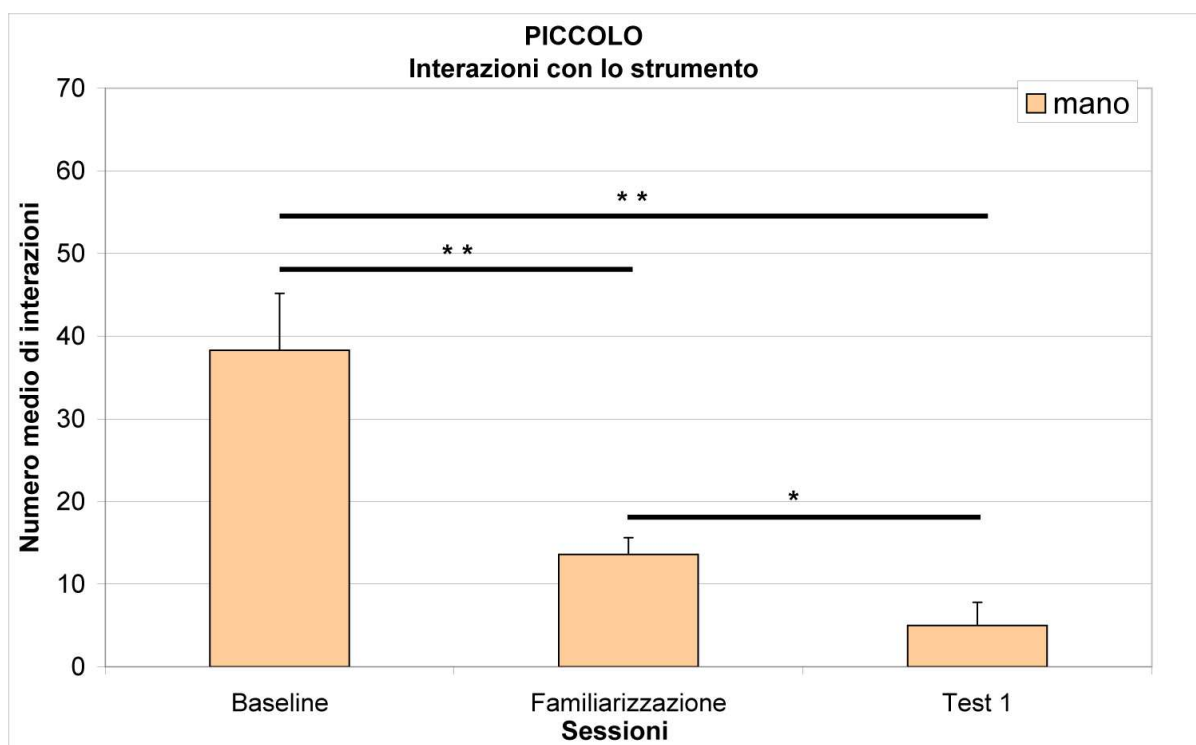


Figura 4. La figura rappresenta il numero medio e l'errore standard delle interazioni effettuate con l'effettore mano nel soggetto Piccolo confrontando la Fase di Baseline, Familiarizzazione e Test 1

Un Test di Friedman eseguito tra la Fase di *Baseline*, *Familiarizzazione* e *Test 1* per quel che riguarda le interazioni eseguite con l'effettore **bocca** aveva evidenziato nel soggetto Charlie una differenza significativa $\chi^2(\text{gl}=2)=10,29$ $p=0,006$ (vedi Figura 5).

Applicando quindi un Test di Wilcoxon tra la Fase di *Baseline* e la Fase di *Familiarizzazione* si riscontrano un aumento significativo del numero di interazioni eseguite con l'effettore **bocca** ($Z=2,26$ $p=0,008$) (vedi Figura 5).

Significativo era anche l'aumento di interazioni registrate durante la Fase di *Test 1* se paragonate con la fase di *Baseline* ($Z=2,20$ $p=0,03$) (vedi Figura 5).

Non risulta esservi invece nessuna differenza significativa nel numero di interazioni eseguite con l'effettore **bocca** paragonando la Fase di *Familiarizzazione* e la Fase di *Test 1* (vedi Figura 5).

Un Test di Friedman eseguito tra la Fase di *Baseline*, *Familiarizzazione* e *Test 1* per quel che riguarda le interazioni eseguite invece con l'effettore **bocca** dal soggetto Piccolo non metteva in luce nessuna differenza significativa $\chi^2(\text{gl}=2)=5,53$ $p=0,68$ (vedi Figura 6).

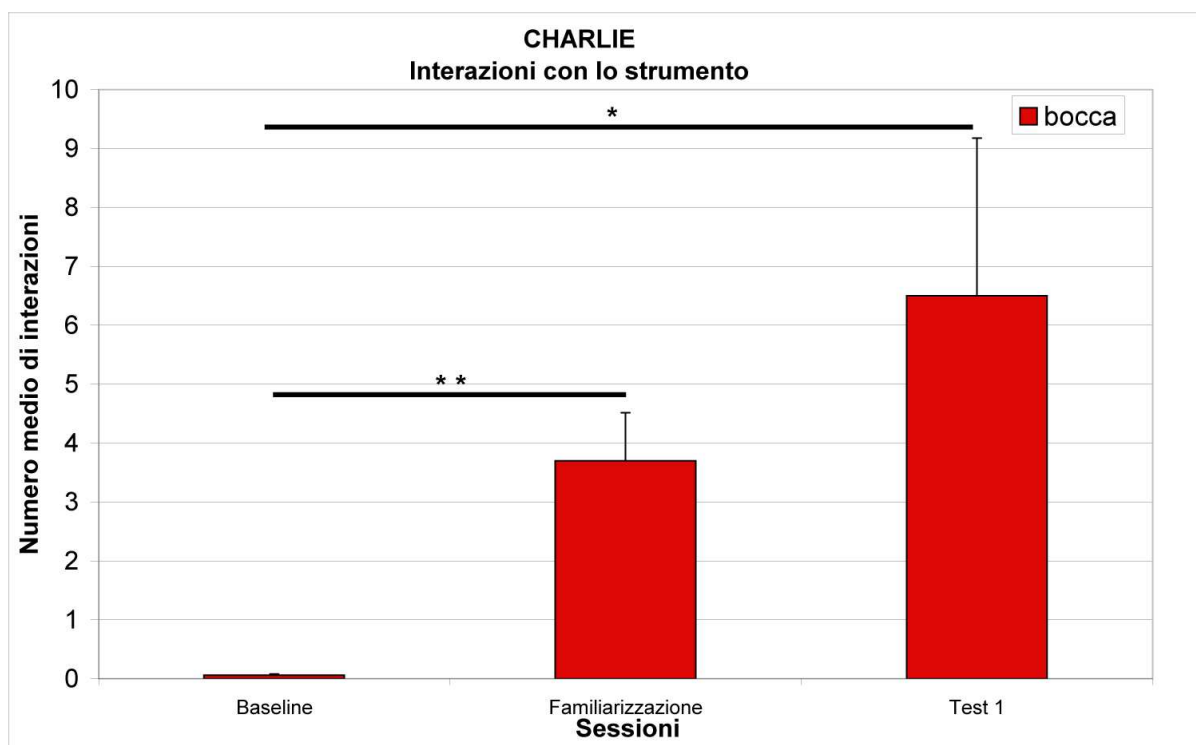


Figura 5. La figura rappresenta il numero medio e il relativo errore standard delle interazioni effettuate con l'effettore bocca nel soggetto Charlie confrontando la Fase di Baseline, Familiarizzazione e Test 1

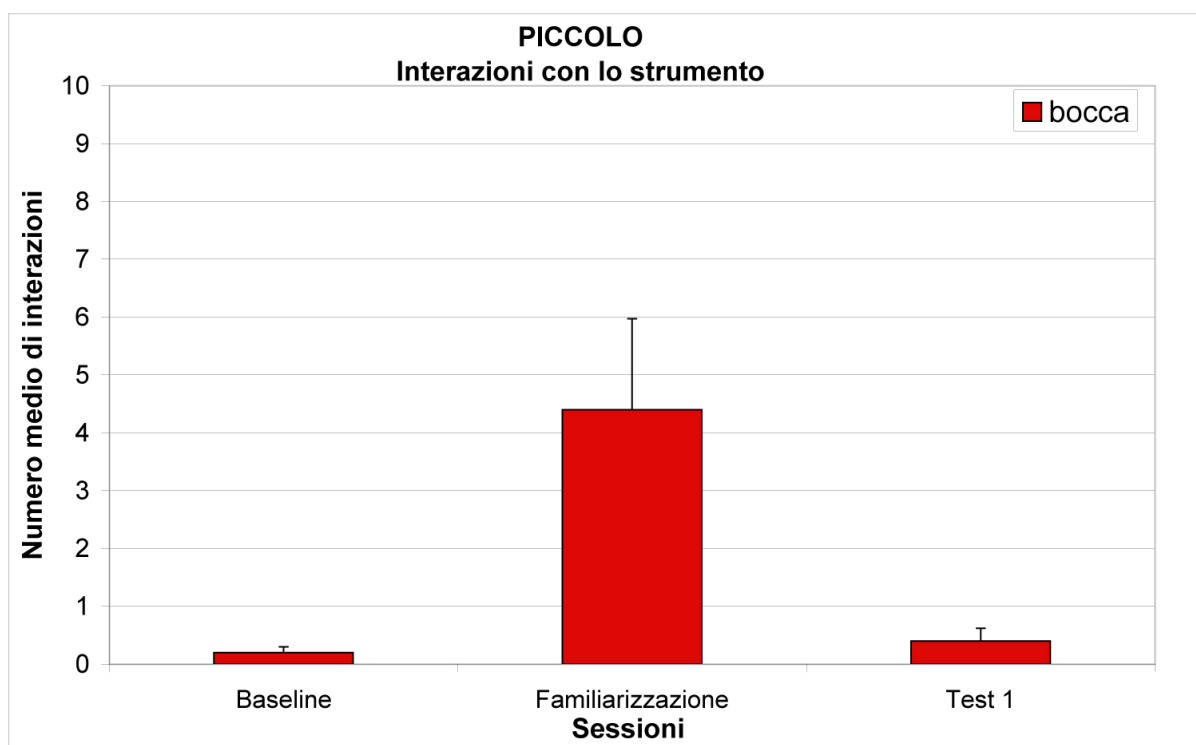


Figura 6. La figura rappresenta il numero medio e il relativo errore standard delle interazioni effettuate con l'effettore bocca nel soggetto Piccolo confrontando la Fase di Baseline, Familiarizzazione e Test 1

ESPERIMENTO 2 (*Osservazione di un dimostratore-contesto sociale*)

In questa fase si era voluto verificare se l'osservazione di un dimostratore che utilizzava correttamente lo strumento per mangiare produceva nella scimmia osservatrice una facilitazione a ripetere la stessa azione. Per Charlie è stato utilizzato come dimostratore uno sperimentatore umano mentre per il soggetto Piccolo si era utilizzato lo stesso Charlie, in quanto quest'ultimo era già stato sottoposto a tali Esperimenti in un periodo precedente rispetto al soggetto Piccolo e aveva quindi già acquisito la capacità di utilizzare correttamente lo strumento.

METODI*Soggetti*

I soggetti utilizzati sono i medesimi utilizzati durante l'Esperimento 1

Procedure

Tutte le fasi sperimentali sono state eseguite all'interno dello stabulario in cui le scimmie erano ospitate. I soggetti sperimentali erano in contatto uditivo ma non visivo con gli altri conspecifici grazie a due alti pannelli (190 cm x 190 cm) di legno posizionati ai lati della gabbia del soggetto stesso.

Tutte le fasi sperimentali sono state videoriprese con una videocamera digitale CANON MVX250i, i filmati sono stati analizzati off-line per valutare la frequenza delle diverse categorie comportamentali.

L'Esperimento è stato diviso in 3 Fasi (vedi Tabella 2) e in ognuna il compito che la scimmia doveva eseguire consisteva nel prendere la bacchetta di legno e, attraverso un movimento di estensione del braccio e dell'avambraccio verso l'esterno della gabbia, inserirla all'interno del bicchiere contenente yogurt.

- **FASE 2-A** (*Osservazione - interazione differita*): In questa Fase si sono volute valutare le interazioni del soggetto sperimentale a seguito dell'osservazione di un dimostratore (umano o conspecifico) che utilizzava correttamente lo strumento per recuperare cibo. La scimmia osservatrice poteva infatti interagire con lo strumento solo dopo aver assistito alla performance del dimostratore. Quest'ultimo eseguiva l'azione 20 volte in 10 minuti (1 volta ogni 30 secondi circa) assumendo una posizione frontale di modo tale da poter essere ben visibile dalla scimmia osservatrice. Il compito

del dimostratore era quello di afferrare lo strumento appoggiato sul tavolo, inserirlo nel bicchiere contenente yogurt tramite completa estensione del braccio, raccogliere yogurt e portare alla bocca lo strumento per mangiare il cibo ottenuto. Dopo tale prova il soggetto dimostratore veniva rimosso.

Dopo 5 minuti di pausa veniva presentato alla scimmia osservatrice l'apparato sperimentale con cui essa aveva la possibilità di interagire liberamente per una durata di 10 minuti. La scimmia poteva quindi afferrare lo strumento appoggiato sul tavolo, estendere il braccio per raggiungere lo yogurt e mangiare il cibo ottenuto.

La Fase 2-A era costituita da 10 sessioni sperimentali della durata totale di 25 minuti ciascuna così suddivise: 10 minuti di osservazione del dimostratore, 5 minuti di pausa, 10 minuti di interazione con lo strumento da parte del soggetto osservatore. Il soggetto era sottoposto ad un numero di 3 sessioni giornaliere intervallate da una pausa di almeno 1,5 ore. Tali sessioni sperimentali si svolgevano in un arco di tempo incluso tra le 9:00 e le 15:00.

- FASE 2-B (*Osservazione - interazione simultanea*): In questa Fase si sono volute valutare le interazioni del soggetto sperimentale mentre in contemporanea un dimostratore svolgeva l'attività corretta di recupero del cibo. Mentre il soggetto dimostratore svolgeva il proprio compito come nella Fase 2-A, utilizzando un proprio apparato sperimentale (bacchetta di legno e contenitore di yogurt posizionato sul tavolo), il soggetto osservatore aveva anch'esso a disposizione il proprio apparato sperimentale identico a quello del dimostratore.
- Fase 2-C (*Test 2*): Al soggetto, similmente alla fase di Baseline 1-A, era richiesto nuovamente di afferrare lo strumento posto sul tavolo e di utilizzarlo per raggiungere il cibo posto al di fuori della gabbia. Questa Fase è stata inserita per osservare se e come il comportamento del soggetto fosse variato a seguito delle precedenti Fasi di *Osservazione - interazione differita* e *Osservazione - interazione simultanea*.

Le Fasi 2-B e 2-C erano costituite ognuna da 10 sessioni sperimentali della durata di 10 minuti ciascuna. Il soggetto era sottoposto ad un numero di 3 sessioni giornaliere intervallate da una pausa di almeno 1,5 ore. Tali sessioni sperimentali si svolgevano in un arco di tempo incluso tra le 9:00 e le 15:00.

TABELLA 2 Esperimento 2 e relative Fasi

ESPERIMENTO	FASE	SESSIONE		Strategia comportamentale efficace
		N°	DURATA	
2. <i>Osservazione di un dimostratore (contesto sociale)</i>	2-A Osservazione interazione differita	10	25 minuti (10min di osservazione, 5min di pausa, 10min di interazione della scimmia osservatrice)	<u>Dopo</u> aver osservato l'azione di un dimostratore, afferrare lo strumento appoggiato sul pianetto, inserirlo nel bicchiere e portarlo alla bocca per mangiare.
	2-B Osservazione interazione simultanea	10	10 minuti	Afferrare lo strumento appoggiato sul pianetto, inserirlo nel bicchiere e portarlo alla bocca per mangiare <u>mentre</u> il dimostratore esegue la stessa azione raggiungendo con un proprio strumento un altro contenitore.
	2-C Test 2	10	10 minuti	Afferrare lo strumento appoggiato sul pianetto, inserirlo nel bicchiere e portarlo alla bocca per mangiare.

ANALISI COMPORTAMENTALE

Per l'analisi dei comportamenti eseguiti durante l'Esperimento 2 sono state utilizzate le medesime categorie comportamentali utilizzate nel corso dell'Esperimento 1

ANALISI STATISTICA

Per porre a confronto le interazioni con lo strumento eseguite con l'effettore mano o con l'effettore bocca si è utilizzato il Test non parametrico di Friedman e successivamente il Test non parametrico di Wilcoxon.

Nello specifico si sono messi a confronto il numero di interazioni effettuate nella Fase di *Baseline* 1-A e nella Fase di *Osservazione - interazione differita* e *Osservazione - interazione simultanea* si sono inoltre paragonati i valori registrati durante la Fase di *Osservazione - interazione differita* e *Osservazione - interazione simultanea* con una successiva Fase di *Test 2* (inserita per valutare se l'osservazione di un dimostratore avesse influito sul comportamento dei soggetti).

RISULTATI

Il Test di Friedman tra la Fase di *Baseline* (1-A), *Osservazione - interazione Differita* ed *Osservazione Interazione Simultanea* eseguito confrontando le interazioni eseguite con l'effettore **mano** nel soggetto Charlie ha messo in evidenza una differenza statistica tra le Fasi ($\chi^2(\text{gl}=2)=7,80$ $p=0,02$) (vedi Figura 7).

Successivi Test di Wilcoxon hanno indicato un aumento significativo nel numero di interazioni nella Fase di *Osservazione - interazione Differita* ($Z=2,29$ $p=0,02$) ma non nella Fase di *Osservazione Interazione Simultanea* ($Z=1,88$ $p=0,06$) rispetto alla iniziale Fase di *Baseline* (1-A) (vedi Figura 7).

Il numero di interazioni eseguite con l'effettore **mano** durante la Fase di *Osservazione Interazione Simultanea* non risulta significativamente differente nemmeno se confrontate con il numero di interazioni eseguite durante la Fase di *Osservazione - interazione Differita* ($Z=0,97$ $p=0,33$) (vedi Figura 7).

Il Test di Friedman tra la Fase di *Baseline* (1-A), *Osservazione - interazione Differita* ed *Osservazione Interazione Simultanea* eseguito confrontando le interazioni effettuate con l'effettore **mano** nel soggetto Piccolo ha mostrato una differenza statistica tra le Fasi ($\chi^2(\text{gl}=2)=13,40$ $p=0,001$) (vedi Figura 8).

Successivi Test di Wilcoxon hanno messo in luce una diminuzione significativa nel numero di interazioni nella Fase di *Osservazione - interazione Differita* ($Z=2,19$ $p=0,03$) e nella Fase di *Osservazione Interazione Simultanea* ($Z=2,80$ $p=0,005$) rispetto alla iniziale Fase di *Baseline* (1-A) (vedi Figura 9).

Vi è anche una diminuzione significativa nel numero di interazioni nella Fase di *Osservazione-Interazione Simultanea* se confrontate con il numero di interazioni durante la Fase di *Osservazione - interazione Differita* ($Z=2,49$ $p=0,01$) (vedi Figura 9).

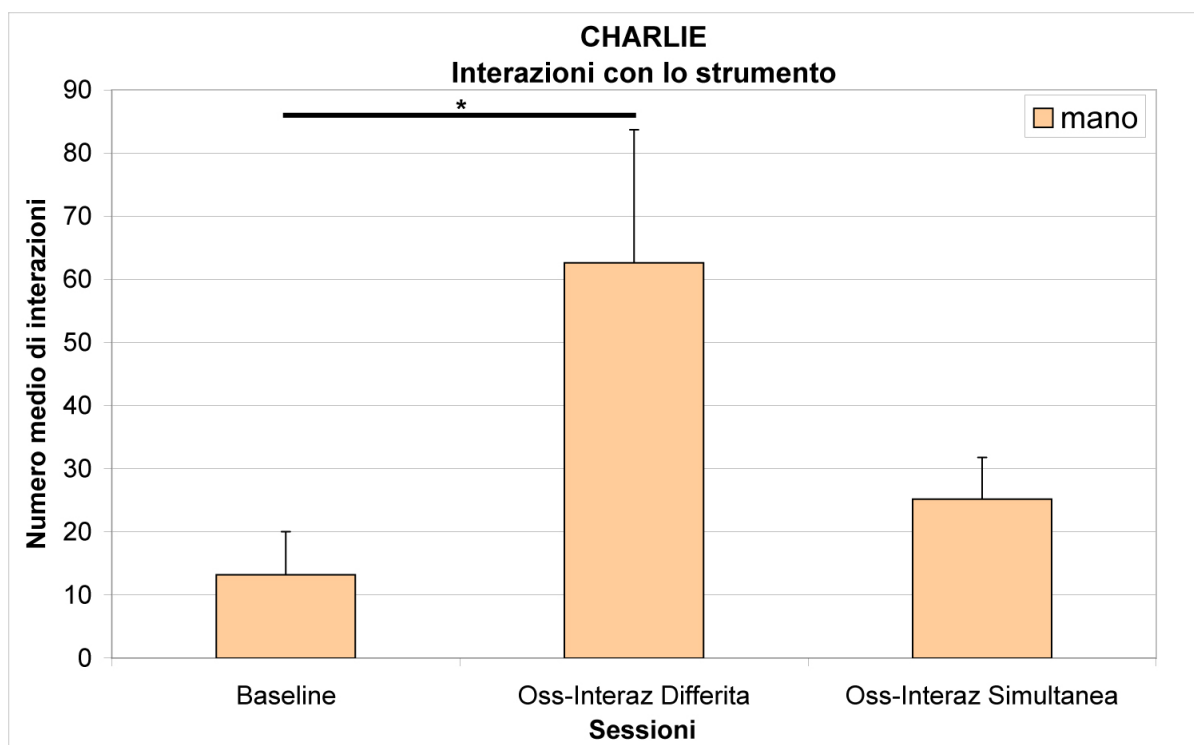


Figura 7. La figura rappresenta il numero medio e l'errore standard delle interazioni effettuate con l'effettore mano nel soggetto Charlie confrontando la Fase di Baseline, Osservazione - interazione Differita e Osservazione Interazione Simultanea

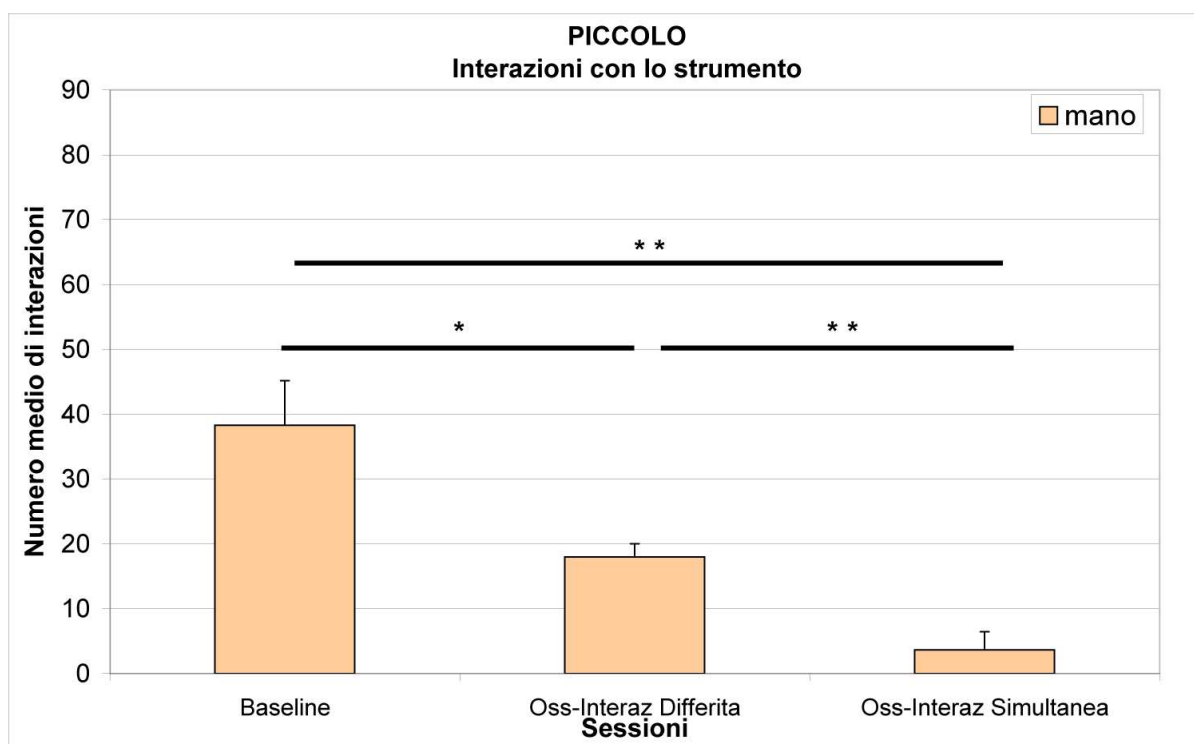


Figura 8. La figura rappresenta il numero medio e l'errore standard delle interazioni effettuate con l'effettore mano nel soggetto Piccolo confrontando la Fase di Baseline, Osservazione - interazione Differita e Osservazione-Interazione Simultanea

Il Test di Friedman applicato per valutare se vi fosse una differenza tra il numero di interazioni durante la Fase di *Baseline* (Fase 1-A), *Osservazione - interazione Differita* ed *Osservazione Interazione Simultanea* eseguite con l'effettore **bocca** nel soggetto Charlie è risultato essere significativo $\chi^2(gf=2)=12,00$ $p=0,002$ (vedi Figura 9).

Successivi Test di Wilcoxon hanno messo in luce un aumento significativo nel numero di interazioni nella Fase di *Osservazione - interazione Differita* ($Z=2,17$ $p=0,03$) ma non nella Fase di *Osservazione Interazione Simultanea* rispetto alla iniziale Fase di *Baseline* (Fase 1-A) (vedi Figura 9).

Una diminuzione significativa nel numero di interazioni si era registra invece nella Fase di *Osservazione Interazione Simultanea* se confrontata con la Fase di *Osservazione - interazione Differita* ($Z=2,52$ $p=0,01$) (vedi Figura 9).

Un Test di Friedman tra la Fase di *Baseline* (Fase 1-A), *Osservazione - interazione Differita* ed *Osservazione Interazione Simultanea* eseguito confrontando le interazioni eseguite con l'effettore **bocca** nel soggetto Piccolo ha messo in luce una differenza significativa tra le Fasi ($\chi^2(gf=2)=7,00$ $p=0,03$) (vedi Figura 10).

Successivi Test di Wilcoxon hanno evidenziato un aumento non significativo nel numero di interazioni nella Fase di *Osservazione - interazione Differita* ($Z=0,86$ $p=0,38$ n.s.) ma significativo nella Fase di *Osservazione Interazione Simultanea* ($Z=2,20$ $p=0,03$) rispetto alla iniziale Fase di *Baseline* (vedi Figura 10).

Una diminuzione significativa nel numero di interazioni si registra invece nella Fase di *Osservazione Interazione Simultanea* se confrontata con la Fase di *Osservazione - interazione Differita* ($Z=2,20$ $p=0,03$) (vedi Figura 10).

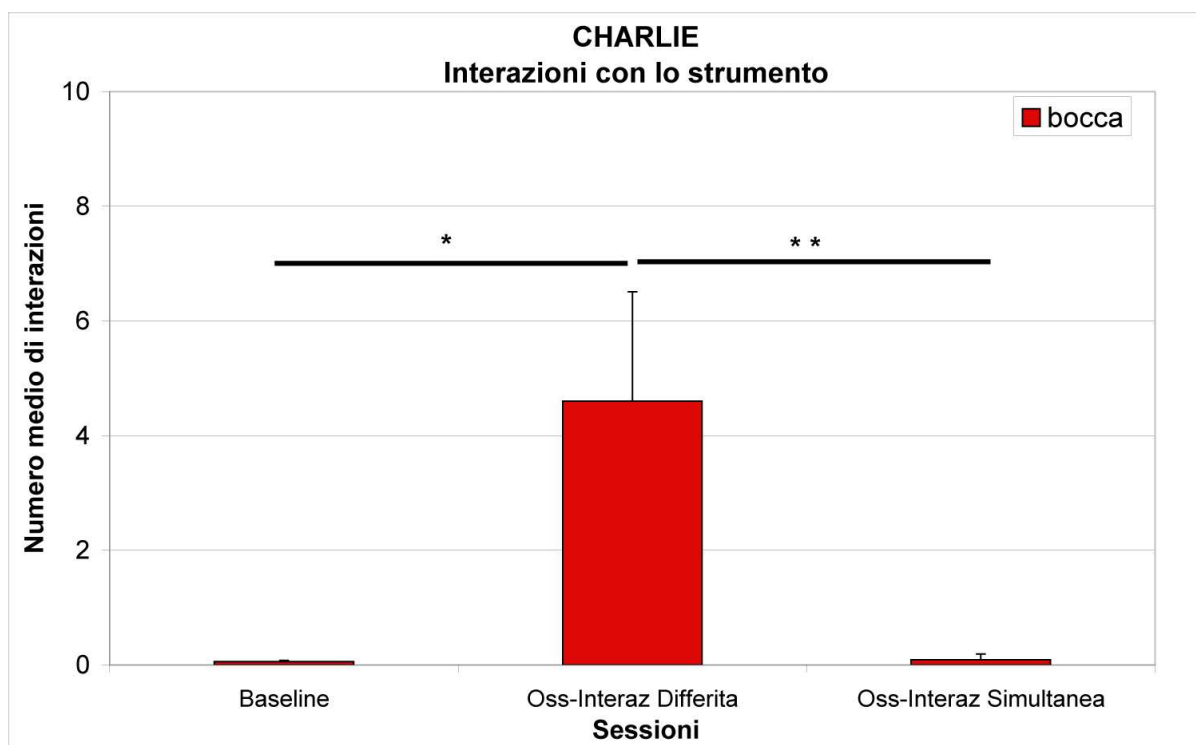


Figura 9. La figura rappresenta il numero medio delle interazioni effettuate con l'effettore bocca nel soggetto Charlie confrontando la Fase di Baseline, Osservazione - interazione Differita e Osservazione Interazione Simultanea

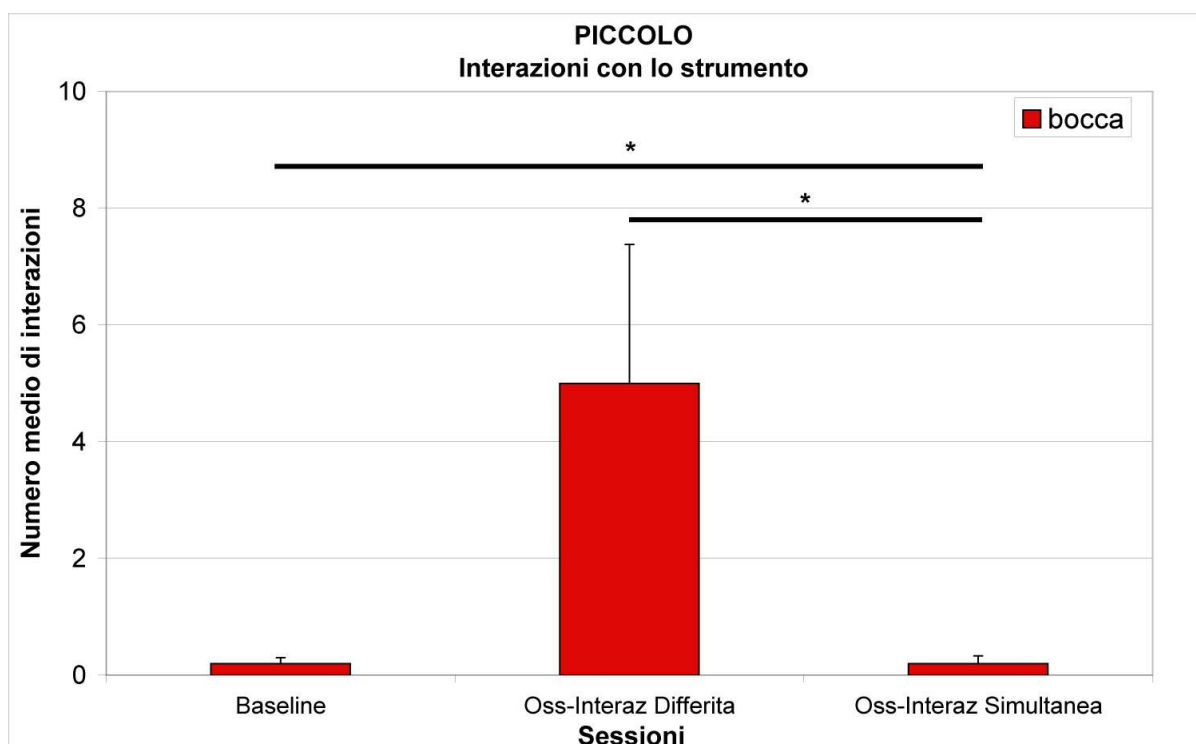


Figura 10. La figura rappresenta il numero medio delle interazioni effettuate con l'effettore bocca nel soggetto Piccolo confrontando la Fase di Baseline, Osservazione - interazione Differita e Osservazione-Interazione Simultanea

Per valutare se le Fasi di *Osservazione - interazione Differita* e *Osservazione-Interazione Simultanea* avessero influito sul numero di interazioni eseguite con l'effettore **mano** che il soggetto Charlie mostrava durante la Fase di *Test 2*, si è eseguito un Test di Friedman tra queste Fasi che non è risultato significativo ($\chi^2(\text{gl}=2)=4,20$ $p=0,12$ n.s) (vedi Figura 11).

Lo stesso confronto era stato effettuato anche per il soggetto Piccolo ($\chi^2(\text{gl}=2)=10,94$ $p=0,004$) (vedi Figura 12).

Un test di Wilcoxon mette in evidenza che vi è una diminuzione significativa del numero di interazioni durante la Fase di *Test 2* se confrontate con la Fase di *Osservazione - interazione Differita* ($Z=2,80$ $p=0,005$) mentre non vi è differenza significativa nel numero di interazioni se si pongono a confronto la fase di *Test 2* con la Fase di *Osservazione-Interazione Simultanea* ($Z=1,69$ $p=0,09$) (vedi Figura 12).

Confrontando tra loro invece il numero di interazioni eseguite da Piccolo durante le Fase di *Osservazione - interazione Differita* e di *Osservazione-Interazione Simultanea* si nota una diminuzione significativa durante quest'ultima Fase ($Z=2,50$ $p=0,01$) (vedi Figura 12).

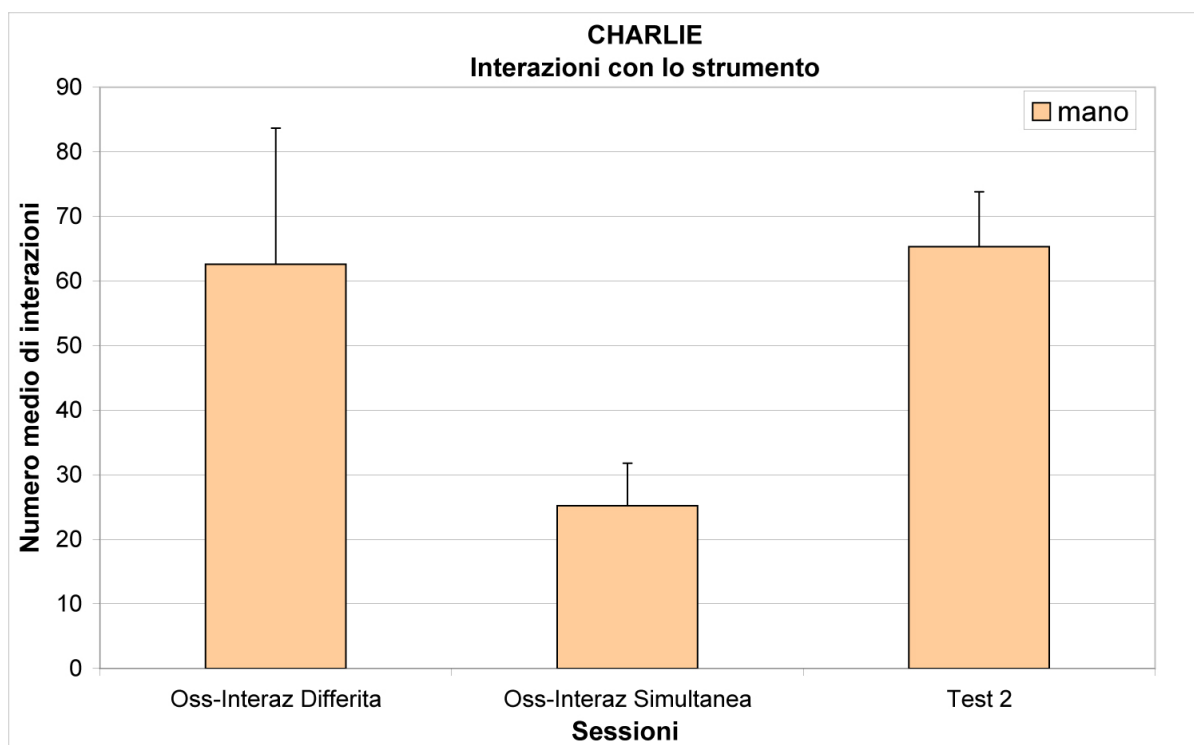


Figura 11. La figura rappresenta il numero medio e l'errore standard delle interazioni effettuate con l'effettore mano nel soggetto Charlie confrontando la Fase di Osservazione - interazione Differita, Osservazione-Interazione Simultanea e Test 2

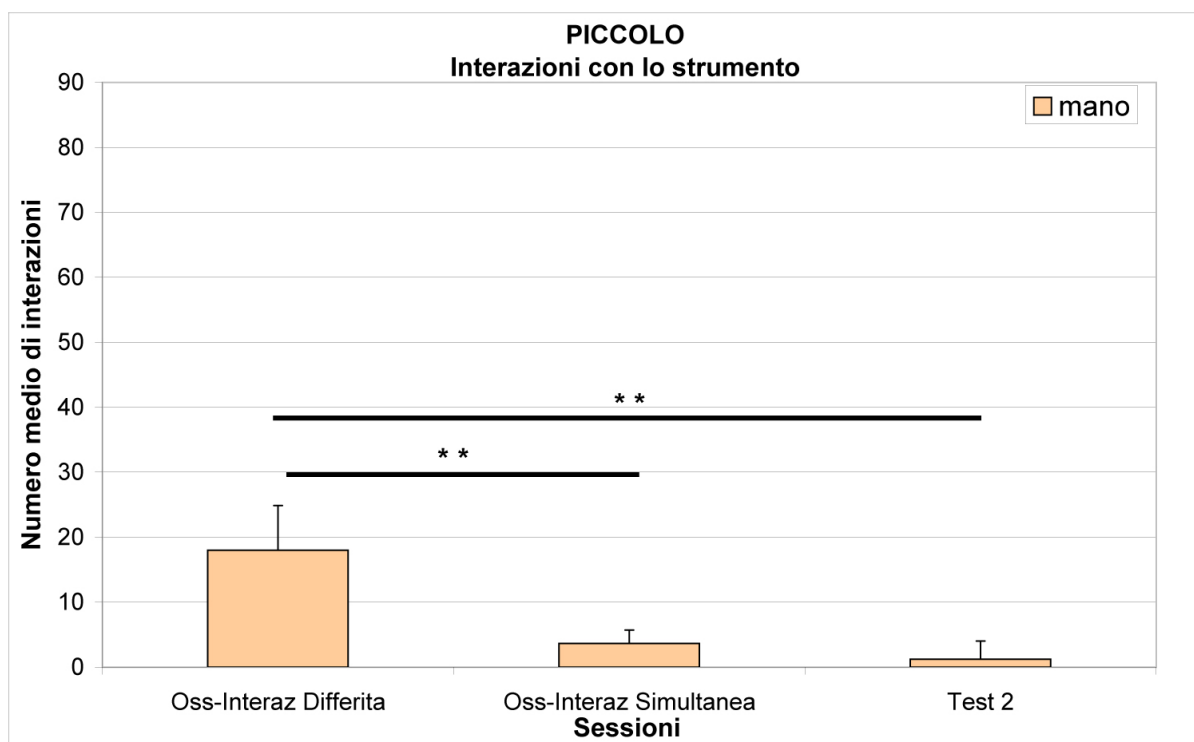


Figura 12. La figura rappresenta il numero medio e l'errore standard delle interazioni effettuate con l'effettore mano nel soggetto Piccolo confrontando la Fase di Osservazione - interazione Differita, Osservazione-Interazione Simultanea e Test 2

Applicando un Test di Friedman si trova una differenza significativa confrontando in Charlie le interazioni eseguite con l'effettore **bocca** all'interno delle stesse Fasi *Osservazione - interazione differita*, *Osservazione - interazione simultanea*, *Test 2* ($\chi^2(gf=2)=14,89$ $p=0,0006$) (vedi Figura 13).

Il test di Wilcoxon ha messo in evidenza una differenza non significativa tra la Fase di *Osservazione - interazione Differita* e la Fase di *Test 2* ($Z=1,12$ $p=0,26$ n.s.) mentre vi è un aumento significativo nel numero di interazioni nella Fase di *Test 2* se paragonato con il numero di interazioni registrate durante la Fase di *Osservazione-Interazione Simultanea* ($Z=2,80$ $p=0,005$) (vedi Figura 13).

Una diminuzione significativa nel numero di interazioni si registrano durante la Fase di *Osservazione-Interazione Simultanea* se confrontate con la Fase di *Osservazione - interazione Differita* ($Z=2,52$ $p=0,01$) (vedi Figura 13).

Per valutare se le Fasi di *Osservazione - interazione Differita* e *Osservazione-Interazione Simultanea* avessero influito sul numero di interazioni eseguite con l'effettore **bocca** che il soggetto Piccolo mostrava durante la Fase di *Test 2* si è eseguito un Test di Friedman tra queste Fasi che è risultato essere significativo ($\chi^2(gf=2)=7,60$ $p=0,02$) (vedi Figura 14).

Il test di Wilcoxon ha messo in evidenza che non vi sono differenze significative nel numero di interazioni se si confrontano le Fase di *Osservazione - interazione Differita* e di *Osservazione-Interazione Simultanea* con la Fase di *Test 2* ($Z=1,89$ $p=0,06$ per la Fase di *Differita*) (vedi Figura 14).

Vi è un calo significativo del numero di interazioni durante la Fase di *Osservazione-Interazione Simultanea* se confrontata con il numero di interazioni registrate durante la Fase di *Osservazione-Interazione Differita* ($Z=2,20$ $p=0,03$) (vedi Figura 14).

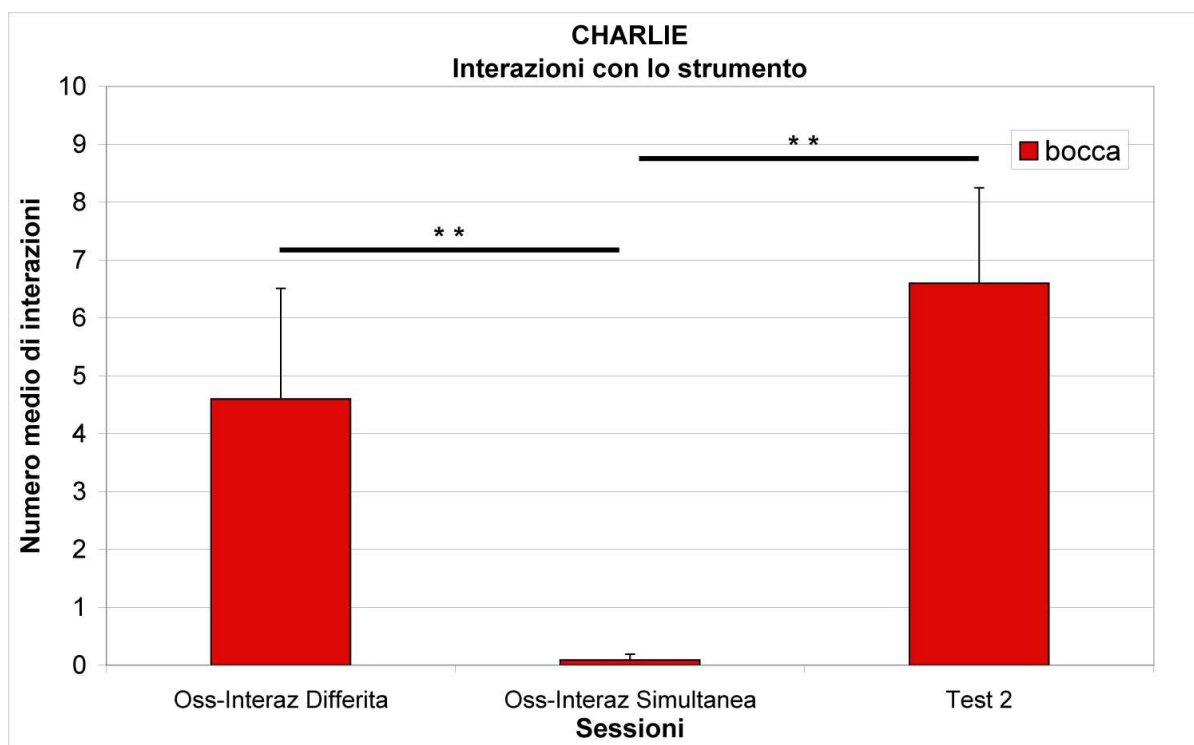


Figura 13. La figura rappresenta il numero medio e l'errore standard delle interazioni effettuate con l'effettore bocca nel soggetto Charlie confrontando la Fase di Osservazione - interazione Differita, Osservazione-Interazione Simultanea e Test 2

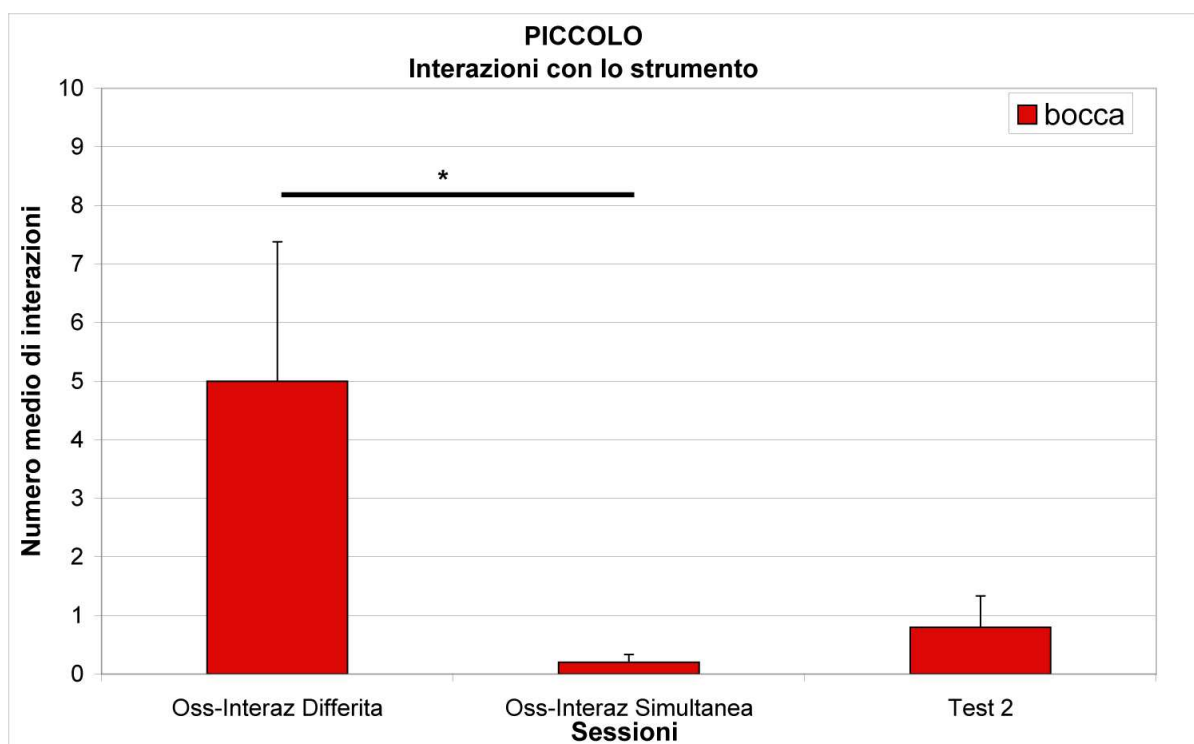


Figura 14. La figura rappresenta il numero medio e l'errore standard delle interazioni effettuate con l'effettore bocca nel soggetto Piccolo confrontando la Fase di Osservazione - interazione Differita, Osservazione-Interazione Simultanea e Test 2

ESPERIMENTO 3 (*Generalizzazione dell'uso dello strumento ad un nuovo compito*)

Quando le scimmie trovano una fonte di cibo, come ad esempio un frutto, solitamente tentano di avvicinarsi il più possibile ad essa per esplorarla prima di mangiarla. Questo può avvenire per due motivi principali: sia per assicurarsi che il cibo trovato non contenga sostanze tossiche nocive per l'animale, sia per eliminare eventuali difese esterne della pianta come spine, peluria o una scorza dura esterna (buccia o guscio). Appena l'animale è sicuro che quel cibo non sia dannoso comincia a processarlo, tenendolo saldamente tra le mani, eliminando eventuali barriere esterne e cercando di estrarre la polpa interna utilizzando i denti e/o un eventuale strumento come ad esempio un ramoscello, (Dew 2005). Negli Esperimenti precedentemente descritti la scimmia trovava la sua fonte di cibo lontano dal corpo, non manipolabile, né esplorabile, o avvicinabile. Ci siamo quindi chiesti se questo potesse essere un fattore limitante per la riuscita del compito. Per ricostruire un setting quindi più ecologico, abbiamo posizionato il contenitore del cibo all'interno della gabbia, rendendolo così esplorabile dalla scimmia.

In questa nuova fase quindi il cibo non si trovava più ad una distanza non raggiungibile dall'animale ma era posto all'interno della gabbia in un tubo. Durante l'Esperimento 3 alla scimmia era quindi richiesto di eseguire un atto motorio differente rispetto a quello necessario negli Esperimenti precedenti, la scimmia avrebbe dovuto alzare la spalla e il braccio flettendo l'avambraccio, senza più eseguire nessuna estensione dell'arto verso l'esterno.

METODI

Soggetti

I soggetti utilizzati nel corso dell'Esperimento 3 sono i medesimi utilizzati nel corso dell'Esperimento 1 e 2 precedenti (Charlie e Piccolo).

Apparato

Lo yogurt era contenuto all'interno di un tubo di plexiglass trasparente posizionato ed agganciato internamente alle sbarre della gabbia (altezza del tubo 18 cm, diametro interno 3 cm). Lo yogurt posizionato sul fondo del tubo era raggiungibile solo attraverso un inserimento completo dello strumento all'interno del

contenitore ma non direttamente con la mano. Lo strumento era anch'esso agganciato alle sbarre tramite una catena metallica di 20 cm. La distanza tra l'aggancio della catena e il tubo contenente yogurt era di 4,5 cm (vedi Figura 15).



Figura 15. La figura illustra l'apparato sperimentale utilizzato nel corso dell'Esperimento 3

Procedure

Tutte le Fasi sperimentali sono state eseguite all'interno dello stabulario in cui le scimmie erano ospitate. I soggetti sperimentali erano in contatto uditivo ma non visivo con gli altri conspecifici grazie a due alti pannelli (190 cm x 190 cm) di legno posizionati ai lati della gabbia del soggetto stesso.

Tutte le fasi sperimentali sono state videoriprese con una videocamera digitale CANON MVX250i, i filmati sono stati analizzati off-line per valutare la frequenza delle diverse categorie comportamentali.

L'Esperimento è stato diviso in 2 Fasi (vedi Tabella 3):

- FASE 3-A (*Baseline - tubo in gabbia*): In questa Fase il soggetto poteva liberamente interagire con lo strumento e con il tubo di plexiglass. La Fase era costituita da un numero di 10 sessioni sperimentali della durata di 10 minuti ciascuna. Il soggetto era sottoposto ad un numero di 3 sessioni giornaliere intervallate da una pausa di almeno 1,5 ore. Tali sessioni sperimentali si svolgevano in un arco di tempo incluso tra le 9:00 e le 15:00.
- Fase 3-B (*Osservazione - interazione differita tubo in gabbia*): In questa Fase si sono valutate le interazioni del soggetto sperimentale a seguito

dell'osservazione di un dimostratore (sperimentatore umano o conspecifico) che utilizzava correttamente lo strumento per recuperare cibo. La scimmia osservatrice poteva infatti interagire con lo strumento solo dopo aver assistito alla performance del dimostratore. Quest'ultimo eseguiva l'azione circa 20 volte in 10 minuti (1 volta ogni 30 secondi circa) assumendo una posizione frontale di modo tale da poter essere ben visibile dalla scimmia osservatrice. Il compito del dimostratore era quello di afferrare lo strumento agganciato alle sbarre tramite una catena, inserirlo nel tubo contenente yogurt grazie ad un appropriato sollevamento della spalla e flessione del gomito, raccogliere yogurt e portare alla bocca lo strumento per mangiare il cibo ottenuto. Esauriti i propri 10 minuti a disposizione il soggetto dimostratore veniva rimosso.

Dopo 5 minuti di pausa veniva presentato l'apparato sperimentale alla scimmia osservatrice, essa aveva quindi a disposizione 10 minuti nei quali interagire liberamente con esso. La scimmia poteva quindi afferrare il proprio strumento agganciato alle sbarre della propria gabbia, flettere anch'essa il braccio e recuperare il cibo contenuto nel tubo. Tale procedura è stata messa in atto per valutare se l'osservazione di un dimostratore potesse facilitare la messa in atto del comportamento corretto di utilizzo dello strumento da parte della scimmia osservatrice.

La Fase 3-B era costituita da 10 sessioni sperimentali della durata totale di 25 minuti ciascuna così suddivise: 10 minuti di osservazione del dimostratore, 5 minuti di pausa, 10 minuti di interazione con lo strumento da parte del soggetto osservatore. Il soggetto era sottoposto ad un numero di 3 sessioni giornaliere intervallate da una pausa di almeno 1,5 ore. Tali sessioni sperimentali si svolgevano in un arco di tempo incluso tra le 9:00 e le 15:00.

TABELLA 3 Esperimento 3 e relative Fasi

ESPERIMENTO	FASE	SESSIONE		Strategia comportamentale efficace
		N°	DURATA	
3. <i>Generalizzazione dell'uso dello strumento ad un nuovo compito (contesto individuale)</i>	3-A Baseline (Tubo in gabbia)	10	10 minuti	Afferrare lo strumento appeso alle sbarre, inserirlo nel bicchiere fissato alle sbarre e portarlo alla bocca per mangiare.
	3-B Osservazione interazione differita (Tubo in gabbia)	10	25 minuti (10 di osservazione, 5 di pausa, 10 di interazione della scimmia osservatrice)	<u>Dopo</u> aver osservato l'azione di un dimostratore, afferrare lo strumento appoggiato sul pianetto, inserirlo nel bicchiere e portarlo alla bocca per mangiare.

ANALISI COMPORTAMENTALE

Le stesse categorie comportamentali utilizzate per analizzare le interazioni con lo strumento durante il corso dell'Esperimento 1 e 2 sono state utilizzate per analizzare anche le interazioni durante questo Esperimento.

ANALISI STATISTICA

Nell'ultima fase in cui il cibo era stato collocato all'interno della gabbia, si è applicato un test di Wilcoxon per valutare il numero medio di interazioni registrate durante la fase di *Baseline* (Tubo in gabbia) e durante la Fase di *Osservazione - interazione differita* (Tubo in gabbia) per valutare se l'osservazione di un dimostratore avesse influito sul comportamento dei soggetti sperimentali.

RISULTATI

Durante il corso della Fase 3-B (*Osservazione - interazione differita*, Tubo in gabbia) in cui la scimmia osservatrice oggetto d'indagine veniva collocata frontalmente ad un dimostratore (sperimentatore o conspecifico) che metteva in atto il comportamento corretto di utilizzo dello strumento, ancora una volta non si sono mai registrati tentativi di inserimento dello strumento nel contenitore.

Per quel che riguarda il soggetto Charlie le interazioni con lo strumento eseguite con l'effettore **mano** durante questa Fase di *Osservazione – interazione differita* (Tubo in gabbia) non hanno subito una variazione significativa rispetto alla Fase precedente di *Baseline - Tubo in gabbia* (Fase 3-A) ($Z=1,68$ $p=0,09$) (vedi Figura 16).

Il soggetto Piccolo ha invece aumentato il numero delle proprie interazioni eseguite con l'effettore **mano** durante le Fase di *Osservazione - interazione Differita* (tubo in gabbia) se confrontate con il numero di interazioni messe in atto durante la Fase di *Baseline* (tubo in gabbia) ma l'analisi statistica non ha rilevato nessuna differenza significativa nel numero di interazioni ($Z=0,36$ $p=0,71$) (vedi Figura 17).

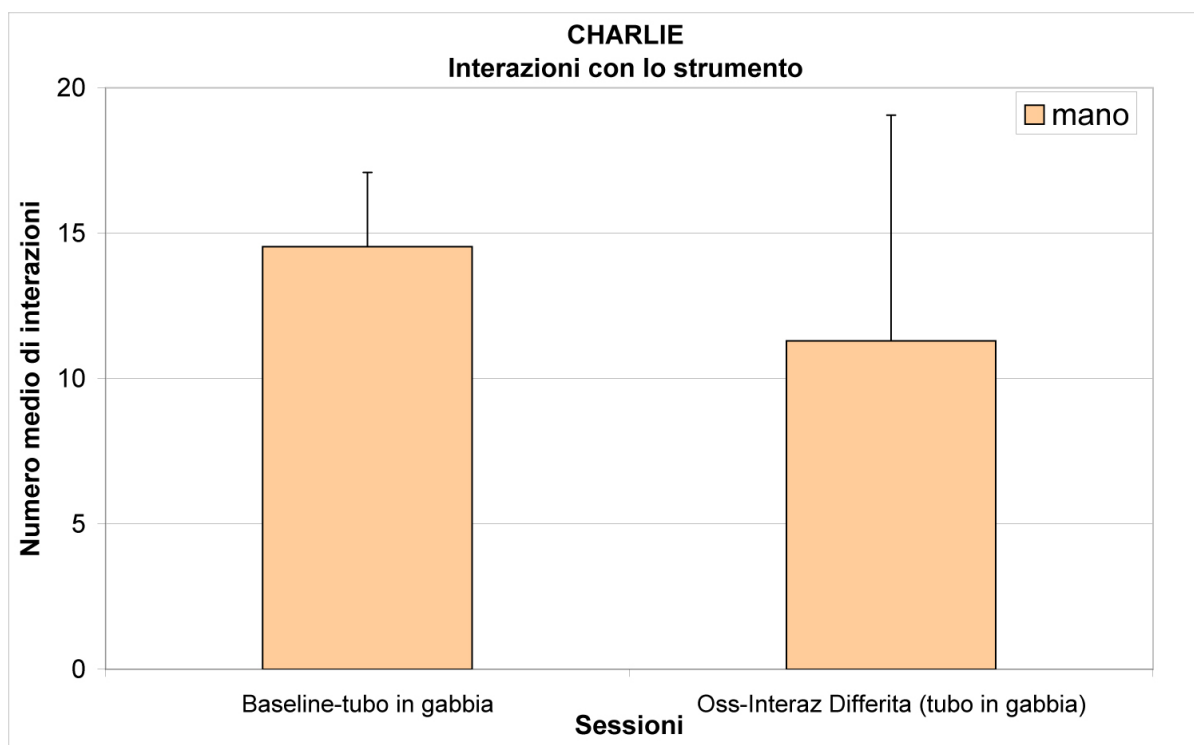


Figura 16. La figura rappresenta il numero medio e il relativo errore standard delle interazioni effettuate con l'effettore mano nel soggetto Charlie confrontando la Fase di Baseline (tubo in gabbia) e la Fase di Osservazione - interazione Differita (tubo in gabbia)

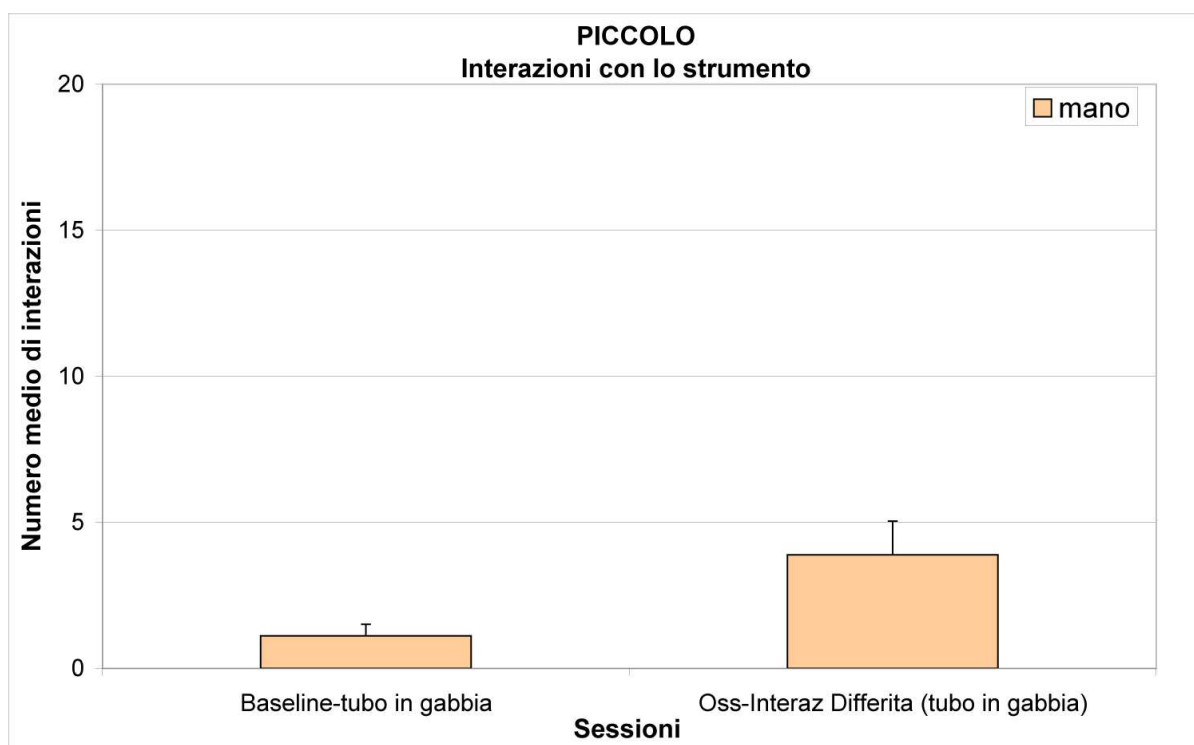


Figura 17. La figura rappresenta il numero medio e il relativo errore standard delle interazioni effettuate con l'effettore mano nel soggetto Piccolo confrontando la Fase di Baseline (tubo in gabbia) e la Fase di Osservazione - interazione Differita (tubo in gabbia)

Nel soggetto Charlie e nel soggetto Piccolo le interazioni con lo strumento eseguite con l'effettore **bocca** durante la Fase *Osservazione – interazione differita* (Tubo in gabbia) non hanno subito una variazione significativa rispetto alla Fase precedente di *Baseline* (Tubo in gabbia) (Fase 3-A) ($Z=0,94$ $p=0,34$ per il soggetto Charlie, Figura 18, per il soggetto Piccolo la media delle interazioni era di 0, Figura 19).

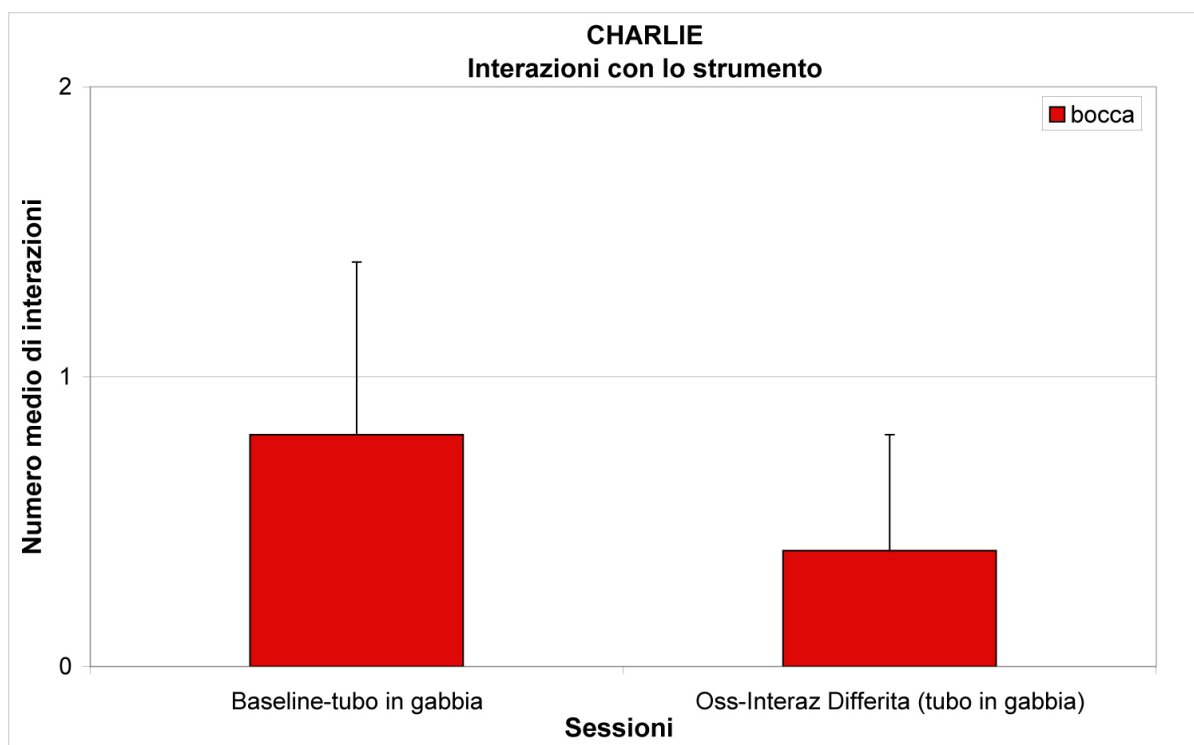


Figura 18. La figura rappresenta il numero medio ed errore standard delle interazioni effettuate con l'effettore bocca del soggetto Charlie confrontando la Fase di Baseline (tubo in gabbia) e la Fase di Osservazione - interazione Differita (tubo in gabbia)

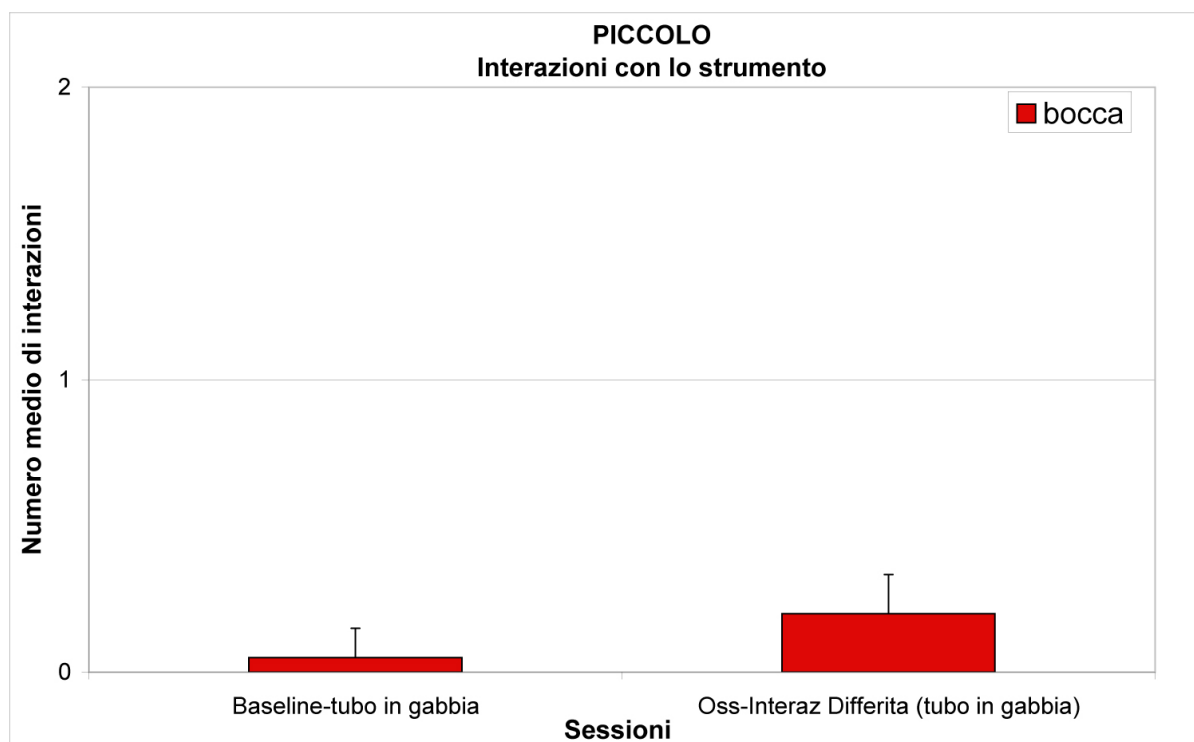


Figura 19. La figura rappresenta il numero medio ed errore standard delle interazioni effettuate con l'effettore bocca nel soggetto Piccolo confrontando la Fase di Baseline (tubo in gabbia) e la Fase di Osservazione - interazione Differita (tubo in gabbia)

DISCUSSIONE

La prima parte dello studio, comprensivo dell'Esperimento 1, 2 e 3 aveva lo scopo di valutare la capacità della scimmia di risolvere un compito in cui era richiesto l'utilizzo di uno strumento per recuperare il cibo e di determinare l'influenza dell'osservazione di un dimostratore (umano o conspecifico) per risolvere tale compito. I risultati hanno dimostrato che la scimmia non era in grado di apprendere l'utilizzo dello strumento né in seguito a tentativi ed errori né dopo l'osservazione di un dimostratore.

Ciò che emerge da una prima analisi è una scarsa manipolazione dello strumento, ciò potrebbe suggerire una neofobia nei confronti del nuovo oggetto. Molte specie di animali mostrano infatti verso un nuovo tipo di cibo un comportamento neofobico che porta all'evitamento completo del cibo stesso o a mangiarne piccoli pezzetti (Rozin 1976; Greenberg, 1990a). Questo comportamento si rivela essere adattativo per l'animale perché grazie ad esso potrebbe evitare di ingerire alimenti potenzialmente pericolosi (Glander 1982; Milton, 1993).

Il fenomeno della neofobia principalmente studiato nei ratti (Bernett 1963; Mitchell, 1976) e negli uccelli (Greenberg 1990 a-b; Greenberg e Mettke-Hoffmann 2001), è stato indagato anche nei primati non umani mettendo in evidenza differenze tra le specie (*Macaca mulatta*: Johnson, 2000a; *Callithrix jacchus*: Yamamoto et al., 2000; *Eulemur macaco*: Gosset e Roeder 2001; *Cebus apella*: Visalberghi et al., 2003). In uno studio condotto da Johnson (Johnson 2000) su un gruppo di macaco reso (*Macaca mulatta*) accuditi giornalmente dall'uomo si è scoperto che i soggetti preferivano accettare cibo nuovo dall'uomo piuttosto che mangiare lo stesso alimento se trovato accidentalmente sul suolo. Tale risultato suggerisce che l'associazione tra l'uomo e il nuovo cibo potrebbe favorire un decremento nel livello di neofobia e ciò è particolarmente rilevante nel nostro caso.

Inoltre in condizioni di cattività i primati sono solitamente più reattivi ed esplorativi nei confronti di nuovi oggetti (*Saguinus fuscicollis*: Menzel e Menzel, 1979; *Papio papio*: Joubert e Vauclair, 1986; *Callithrix jacchus* e *Saguinus*: Box, 1988; *Cebus apella*: Visalberghi, 1988; Fragaszy e Adams-Curtis, 1991; Glickman e Sroges, 1966; Parker, 1974; Torigoe, 1985) e nuovi oggetti sono spesso utilizzati come arricchimento ambientale (Novak e Drewsen, 1989; Boinski et al., 1999; Visalberghi e Anderson, 1999). Entrambi i soggetti da noi testati sono stati ben abituati sia alla figura dello sperimentatore, sia all'apparato sperimentale utilizzato

(per dettagli vedi la sezione “apparato”) e, come risulta dall’analisi della prima sessione sperimentale della Fase 1-A *Baseline*, non sembra che il fenomeno della neofobia possa aver influenzato il comportamento delle scimmie da noi testate. È più probabile invece che i soggetti abbiano mostrato poco interesse nei confronti dello strumento a causa della loro natura: i macachi infatti se non ottengono subito una ricompensa dalle loro azioni perdono curiosità nei confronti dell’oggetto stesso e lo abbandonano (Beck 1973). Anche i soggetti da noi studiati hanno inizialmente manipolato ed esplorato lo strumento ma non ottenendo mai una ricompensa per questa azione hanno perso via via l’interesse verso di esso.

Le scimmie da noi testate non hanno quindi mostrato un elevato interesse nei confronti dello strumento da noi fornito, ma sappiamo che per una possibile iniziale acquisizione dell’uso dello strumento in un soggetto naïve può rivelarsi fondamentale un apprendimento guidato da prove per tentativi ed errori, un alto numero di interazioni con lo strumento può portare infatti ad una maggior probabilità di risolvere del problema.

Beck ha osservato come un gruppo di babuini (*Papio hamadryas* e *Papio papio*) (Beck 1972, 1973) e un gruppo di macachi (*Macaca nemestrina*) (Beck 1976) apprendesse spontaneamente l’utilizzo di uno strumento per recuperare cibo altrimenti non disponibile. Lo strumento fornito ai soggetti aveva una forma ad L e doveva essere utilizzato come un rastrello per recuperare cibo posto a distanza. Dopo un’iniziale fase, durata alcuni giorni, in cui nessuno dei soggetti era riuscito a portare a termine il compito richiesto, un membro di ogni gruppo era riuscito casualmente a raggiungere la ricompensa manipolando spontaneamente lo strumento. Ciò è avvenuto grazie alle numerose e frequenti interazioni che il soggetto metteva in atto con esso: mentre il soggetto infatti manipolava la catena a cui lo strumento era agganciato, questo aveva colpito accidentalmente il recipiente in cui il cibo era contenuto facendo in modo che questo si avvicinasse al soggetto e fosse così finalmente raggiungibile. Il risultato positivo però era frutto del caso, non erano avvenuti casi di insight o facilitazione sociale, come ammesso dallo stesso Beck.

Westergaad e Fragaszy (Westergaad e Fragaszy 1987) avevano osservato lo stesso comportamento in un gruppo di giovani Cebi dai cornetti (*Cebus apella*) in grado, dopo un periodo di diverse settimane, e di numerose manipolazioni dello strumento, di utilizzare una bacchetta per recuperare del cibo grazie a tentativi di prove ed errori. Sembra quindi, anche alla luce di questi dati, che un altro numero di

interazioni con lo strumento sia importante per giungere con più probabilità alla risoluzione del compito.

Nonostante le scarse manipolazioni con lo strumento registrate (soprattutto nel soggetto Charlie) nel corso dell'Esperimento 1, sono emersi però alcuni aspetti interessanti: innanzitutto, durante una prima fase di apprendimento individuale in cui il soggetto poteva interagire con il nuovo strumento, nonostante il suggerimento dell'atto motorio da parte dello sperimentatore (Fase 1-B, *Familiarizzazione*) e nonostante la possibilità di riutilizzo dello strumento stesso nella Fase 1-C (*Test 1*), non c'è stato da parte dei soggetti alcun tentativo di utilizzare lo strumento per recuperare il cibo. Non sembra quindi che i soggetti abbiano tratto un beneficio dalla ripetuta associazione tra strumento e yogurt. In particolare lo strumento sporco di cibo nella Fase 1-B non ha facilitato la scoperta delle caratteristiche funzionali dell'utensile stesso, determinando solo un generale aumento del numero di frequenze di manipolazione dello strumento nel soggetto Charlie e, al contrario, una diminuzione di tali frequenze nel soggetto Piccolo.

Per entrambi i soggetti il comportamento di manipolazione avveniva portando lo strumento all'interno della gabbia, interagendo con esso come se fosse ancora sporco di yogurt. Tale comportamento era in direzione esattamente opposta a quella necessaria per recuperare il cibo. Il comportamento dell'animale potrebbe quindi essere interpretato come un tentativo di ricerca del cibo sullo strumento, comportamento rivelatosi vantaggioso sino a quel momento. I soggetti sembrano essere quindi incapaci di utilizzare lo strumento estendendolo fuori dalla gabbia per raggiungere il cibo mediante un comportamento che Parker e Gibson (1977) definiscono come "utilizzo intelligente" dello strumento. Secondo la loro definizione un uso "intelligente" dello strumento deve essere necessariamente flessibile e indipendente dal contesto, rivelando la capacità dell'animale di adeguare caratteristiche e modalità di utilizzo dello strumento stesso alle specifiche condizioni. I soggetti da noi testati non sembrano quindi in grado di utilizzare l'attrezzo a disposizione per recuperare cibo e sembrano anche non comprendere il nesso causa effetto instaurato nella Fase 1-B in cui lo strumento veniva ripetutamente trovato inserito nel bicchiere e sporco di yogurt.

Durante la fase di apprendimento sociale, in cui per verificare se l'osservazione dell'azione corretta di recupero del cibo da parte di un dimostratore (umano o conspecifico) (Fase 2-A *Osservazione - interazione differita* e Fase 2-B *Osservazione -*

interazione simultanea), influisse sulle modalità di interazione della scimmia con lo strumento stesso, era emerso che i soggetti non avevano mai tentato di raggiungere il cibo con lo strumento nemmeno in queste Fasi. Nel corso della Fase 2-A (*Osservazione - Interazione differita*) si era registrato un aumento di interazioni con lo strumento in entrambe i soggetti soprattutto per quel che riguarda le esplorazioni effettuate con l'effettore mano, questo dato potrebbe essere spiegato con il fenomeno chiamato *stimulus enhancement*. In accordo con Spencer (1937), che introdusse il termine, il fenomeno dello *stimulus enhancement* si verifica quando l'osservazione di un'azione svolta da un dimostratore porta il soggetto osservatore ad aumentare il numero dei suoi comportamenti diretti verso l'oggetto dell'attività del dimostratore e come già illustrato precedentemente sono numerosi i casi in cui tale fenomeno si verifica ed influenza l'apprendimento dell'uso di uno strumento (ad esempio, Feldman e Klopfer 1972; Watson et al., 1994; Visalberghi e Fragaszy 2004). Il soggetto potrebbe però anche essere stato attratto non solo dall'oggetto manipolato dal dimostratore, ma dall'azione stessa del dimostratore inducendo così una *response facilitation*. Ovvero la presenza del dimostratore che mette in atto un'azione già presente nel repertorio comportamentale dell'osservatore, avrebbe aumentato la probabilità che il soggetto osservatore riproduca quella stessa azione (Byrne, 1994).

I risultati dell'apprendimento sociale evidenziano che la frequenza media dell'interazione mano-strumento era maggiore quando la possibilità di interagire con esso avveniva dopo qualche minuto dall'osservazione del dimostratore (Fase 2-A, *Osservazione - Interazione differita*) rispetto a quando osservazione e interazione si svolgevano in contemporanea durante la Fase 2-B (*Osservazione - Interazione simultanea*): entrambe i soggetti hanno infatti diminuito le interazioni con lo strumento forse facendo ipotizzare che in tali circostanze l'osservazione del dimostratore potesse interferire ed in particolare inibire il comportamento di interazione della scimmia osservatrice con lo strumento. Fragaszy e Visalberghi (1989) hanno trovato che i Cebi (*Cebus apella*) mostravano comportamenti esplorativi verso gli strumenti a disposizione quando potevano accedervi soli, piuttosto che durante la presenza di un conspecifico, sia che esso stesse o no utilizzando lo strumento. Questi dati suggeriscono che tale aspetto dovrebbe essere indagato maggiormente, con alcuni esperimenti che verifichino se nei nostri soggetti la diminuzione del numero delle interazioni durante la Fase 2-B (*Osservazione - Interazione simultanea*) fosse realmente frutto di un fenomeno di inibizione causato da una differenza di gerarchia dei soggetti coinvolti (Duconing e

Thierry, 2005) o più semplicemente di un fenomeno di abitudine all'apparato e alla situazione sperimentale. Analizzando infatti la Fase 2-C (*Test 2*), in cui si era valutato come fosse variata la frequenza nel numero di interazioni a seguito delle condizioni di apprendimento sociale, notiamo che Piccolo aveva diminuito le interazioni rispetto alla Fase precedente (anche se in modo non significativo) forse a causa di una perdita di interesse nei confronti dello strumento o di una abitudine alla situazione sperimentale, mentre nel soggetto Charlie il numero delle interazioni erano rimaste invariate.

Nonostante i soggetti si fossero comportanti tendenzialmente in modo simile nelle Fasi di *Osservazione - Interazione differita (2-A)* ed *Osservazione - Interazione simultanea (2-B)*, aumentando e poi diminuendo in modo significativo il numero di interazioni con lo strumento rispetto ad una condizione di *Baseline (1-A)*, è importante ricordare che Charlie potrebbe essere stato posto in una condizione di svantaggio rispetto al soggetto Piccolo avendo avuto come dimostratore uno sperimentatore umano. Sappiamo infatti che per scimmie non antropomorfe che vivono in gruppi sociali come ad esempio macachi e cappuccini le abilità sociali, e in particolare l'apprendimento sociale, è fortemente legato alla presenza di conspecifici. Recenti studi infatti hanno dimostrato che il soggetto naïve apprende più velocemente la risoluzione di un problema quando può osservare un conspecifico dimostratore all'interno di un contesto tollerante e che il problema può essere risolto con maggiore probabilità se il soggetto osservatore può agire direttamente sull'oggetto (ad esempio Fragaszy, Visalberghi e Fedigan 2004; Visalberghi 1990; Zuberbüler et al., 1996). Da uno studio condotto su madri di macachi cinomolgo (*Macaca fascicularis*) è stato scoperto che il comportamento di utilizzo di strumenti per recuperare cibo era diverso a seconda che la prole fosse presente o assente durante l'attività di foraggiamento. Ogni qual volta il piccolo era presente, l'azione della madre infatti era caratterizzata da più pause, era ripetuta più spesso ed eseguita per un periodo di tempo più lungo (Masataka et al., 2009). Masataka e collaboratori interpretano questo risultato come un'evidenza della possibilità che le madri esagerino le loro azioni durante l'utilizzo dello strumento per facilitare l'acquisizione di tale comportamento da parte della propria prole. Lonsdorf (Lonsdorf, 2006) ha scoperto invece che l'acquisizione della capacità di utilizzare un ramoscello per la pesca delle termiti nei piccoli di scimpanzé (*Pan troglodytes schweinfurthii*) è direttamente proporzionale al tempo che questi trascorrono con la madre mentre essa mostra la stessa azione. Ciò suggerisce quindi che per una iniziale acquisizione di un nuovo comportamento un soggetto possa trarre beneficio dalla dimostrazione/osservazione di

un conspecifico. Lo sperimentatore umano, nonostante cerchi di mettere in atto il comportamento di recupero del cibo attraverso lo strumento compiendo movimenti lenti e precisi potrebbe non fornire comunque al soggetto osservatore scimmia tutte quelle informazioni invece utili che potrebbero favorire l'acquisizione del comportamento. L'utilizzo di un conspecifico quindi, quando possibile, dovrebbe essere sempre preferito (de Waal, 1998; Boesh, 2007).

Seconda parte dello studio

La prima parte dello studio da noi eseguito (Esperimento 1-2-3) ha messo in luce un'incapacità dei soggetti studiati di eseguire autonomamente il compito richiesto. Nessuno dei soggetti ha mai tentato infatti di recuperare cibo utilizzando lo strumento a forma di bacchetta che aveva a disposizione. La letteratura tuttavia ci indica che i primati non umani possono essere addestrati all'utilizzo di strumenti (ad esempio, Tokida et al., 1994; Ishibashi et al., 2000; Hihara et al., 2003; Ducoing & Thierry, 2005). Ci siamo quindi chiesti se tale procedura potesse essere applicata anche alle scimmie da noi testate e se un eventuale apprendimento dell'uso della bacchetta potesse essere successivamente generalizzato all'utilizzo di altri strumenti in contesti differenti.

È importante infatti che gli organismi posseggano la capacità di reagire a situazioni stimolo simili in modo simile: tale capacità, chiamata appunto generalizzazione, è definita come una risposta condizionata ad un determinato stimolo che tende ad essere evocata anche da stimoli simili.

Il meccanismo della generalizzazione tende a semplificare la realtà, a ricercare analogie, minimizzando le diversità. Agisce forzando gli oggetti percettivi entro schemi già esistenti. Il suo fine non è la rappresentazione fedele della realtà, bensì quello di favorire l'adattamento degli organismi viventi all'ambiente. Si tratta di un meccanismo che opera su diversi piani, innati e acquisiti. Esso offre vantaggi indubbi, poiché consente una notevole "economia" e rapidità nella valutazione delle situazioni e degli oggetti concreti. L'"economia" consiste nel fatto che, trovandosi più volte di fronte a oggetti o situazioni riconosciuti simili tra loro, si riduce via via la necessità di verificare tutti gli elementi che interessano. Perciò, sulla base di un numero limitato di fattori, è possibile avere delle indicazioni sul comportamento più adatto da intraprendere.

L'esperienza non sarebbe utile se non esistesse alcun rapporto tra il grado di somiglianza di due oggetti e il modo in cui ci si comporta relativamente ad essi. La validità dell'apprendimento si basa, infatti, sul presupposto tacito che un'azione che ha avuto successo in passato in una data situazione o nei confronti di un determinato oggetto, avrà successo nuovamente in situazioni o con oggetti simili.

Gli oggetti e i fenomeni di cui gli esseri viventi hanno di solito esperienza non sono mai del tutto identici tra loro, anche se possono presentare delle analogie. Neppure un

determinato oggetto rimane identico a sè stesso, se considerato in momenti diversi. Dal punto di vista della semplice apparenza visiva, esso può variare a seconda della distanza, dell'orientamento spaziale, dell'illuminazione, dello sfondo, ecc. Per cui l'immagine visiva che ne risulta è di volta in volta differente. Inoltre tutti gli oggetti appartenenti al mondo esterno si modificano nel tempo: gli eventi e le situazioni si evolvono, gli esseri viventi crescono o invecchiano, gli oggetti inanimati si deteriorano o, comunque, subiscono delle trasformazioni. Nulla di quanto possiamo osservare o percepire attorno a noi si mantiene inalterato. Noi stessi cambiamo, e quindi anche il nostro modo di percepire la realtà che ci circonda e di rapportarci ad essa. Per motivi pratici, conviene tuttavia ignorare certe differenze tra oggetti o le trasformazioni a cui questi sono sottoposti e concentrare l'attenzione sulle analogie che li accomunano. Trascurando o minimizzando i tratti di diversità presentati da determinati oggetti, possiamo spesso trattarli come se fossero in tutto e per tutto uguali tra loro.

La scoperta dell'esistenza del processo di generalizzazione degli stimoli risale a Pavlov (1928). Nel corso delle sue ricerche egli si accorse infatti che gli animali non rispondevano solo allo stimolo che era stato condizionato nel corso dei suoi esperimenti, ma anche a stimoli simili che venivano prodotti casualmente e che non erano stati condizionati. Sottopose quindi ad osservazione e misurazione il fenomeno, utilizzando un suono di 1000 hertz come stimolo condizionale. Pavlov verificò che la funzione elicitante condizionata si era estesa spontaneamente, si era cioè generalizzata a suoni di diversa frequenza e lo stesso fenomeno fu osservato anche utilizzando stimoli visivi o tattili.

Stando a quanto appena detto anche i soggetti del presente studio quindi dovrebbero essere in grado di generalizzare l'apprendimento di utilizzo di uno specifico strumento per recuperare cibo a differenti utensili e differenti contesti, ad esempio Santos e collaboratori (Santos et al., 2005) hanno scoperto che i Tamarini Edipo (*Saguinus oedipus*) addestrati all'utilizzo di uno strumento blu a forma di uncino per recuperare cibo, erano in grado di generalizzare tale abilità utilizzando altri strumenti di differente forma, colore e dimensione.

Prima di poter verificare tale abilità nei nostri soggetti è stato però necessario sottoporli ad un addestramento per insegnare loro l'utilizzo corretto dello strumento bacchetta. A tale scopo è stata quindi effettuata una procedura di "shaping". Tale procedura è avvenuta posizionando la scimmia in una sedia per primati a cui era stata precedentemente abituata. Lo sperimentatore, seduto di fronte alla scimmia, teneva in

mano un bicchiere contenente yogurt, leggermente più basso e di diametro maggiore (cm 5,5 e cm 8, rispettivamente) rispetto a quello presentato in precedenza, allo scopo di facilitare l'inserimento dello strumento. Per evitare che la scimmia potesse far cadere o allontanare troppo lo strumento, questo era stato incatenato ad un piccolo piano di lavoro posto tra il soggetto e lo sperimentatore. La procedura di *shaping* è stata effettuata attraverso una serie di tappe: inizialmente la scimmia veniva rinforzata con pezzetti di cibo non appena veniva toccato lo strumento, successivamente il rinforzo veniva dato quando il soggetto afferrava lo strumento, anche se lasciava la presa dopo poco. In uno step successivo il cibo veniva dato alla scimmia solo se manteneva impugnata la bacchetta per qualche secondo. Il passo seguente è stato quello di rinforzare l'animale a sollevare il braccio e contemporaneamente mantenere la presa dello strumento. A questo punto, evitando che la scimmia potesse raggiungere lo yogurt con la mano, lo sperimentatore dirigeva il contenitore verso la punta della bacchetta in modo da rendere più probabile una casuale inserzione dello strumento nel bicchiere. Nel momento in cui ciò fosse avvenuto lo sperimentatore, in modo contingente all'inserzione della bacchetta, rinforzava ulteriormente l'atto compiuto dalla scimmia con un pezzo di cibo: il rinforzo era pertanto doppio dal momento che l'inserzione dello strumento nel contenitore consentiva alla scimmia di ottenere anche un po' di yogurt. L'addestramento si svolgeva ogni giorno, in due sessioni sperimentali, una al mattino e una al pomeriggio, per una durata di circa due ore ciascuna. La scimmia era tenuta a digiuno prima di ogni sessione, di modo tale da tenera alta la sua motivazione al cibo e quindi al compito. Riceveva però una piccola razione di cibo dopo circa 2 ore dalla fine dell'ultima sessione sperimentale del pomeriggio.

Al termine della procedura di *shaping* della durata di circa 45 giorni per entrambi i soggetti, le due scimmie erano in grado di estendere il braccio per raccogliere il cibo con lo strumento e quindi mangiare. Il compito era stato considerato appreso quando le scimmie raggiungevano il criterio di successo fissato al 90% di tentativi corretti.

Dopo tale addestramento all'utilizzo dello strumento si era proceduto a spostare la scimmia nella sua gabbia, luogo in cui dovevano essere svolte tutte le fasi sperimentali successive. Si era pertanto riproposto alla scimmia lo stesso compito appreso in gabbia, mantenendo l'apparato e il contesto sperimentale identici alla *Baseline* (1-A) dell'Esperimento 1: in questo modo si voleva valutare la capacità dell'animale di generalizzare ad un altro contesto un compito appreso. Il

comportamento di entrambi i soggetti aveva evidenziato una incapacità immediata di utilizzo dello strumento in gabbia, e si era rivelato pertanto necessario un ulteriore addestramento durato però un tempo notevolmente inferiore (1 ora) rispetto al precedente addestramento ricevuto in sedia.

La procedura utilizzata era la stessa usata per l'addestramento sulla sedia: sono state ripercorse le medesime tappe, rinforzando la scimmia con pezzetti di cibo dapprima quando afferrava lo strumento correttamente e protendeva il braccio verso il bicchiere di yogurt, e poi non appena avveniva un'inserzione dello strumento nel bicchiere.

Appena la scimmia si era rivelata in grado di eseguire il compito anche in gabbia era stata condotta una fase di "allenamento" (10 sessioni da 30 minuti) per permettere all'animale di esercitarsi da un punto di vista motorio e aumentare quindi la percentuale di successi. Il compito è stato considerato appreso quando la scimmia raggiungeva il criterio di successo fissato al 90% di tentativi corretti rispetto al totale. Si era proseguito poi suddividendo i 5 Esperimenti in Fasi sperimentali.

Lo sperimentatore restava presente e in visione della scimmia durante tutte le Fasi non esercitando alcun tipo di influenza sulle capacità dell'animale di svolgere il compito, dal momento che i soggetti erano già ben abituati e familiarizzati alla sua presenza e non mostravano alcun timore e nessuna modificazione della loro capacità di mettere in atto l'azione appena appresa. Lo sperimentatore era anche necessario per recuperare lo strumento ogni qual volta questo fosse caduto a terra e non più recuperabile dalla scimmia che si sarebbe trovata altrimenti impossibilitata a svolgere il compito richiesto.

In questa seconda parte dello studio, una volta acquisito la capacità di utilizzare lo strumento, sono state di volta in volta cambiate alcune caratteristiche dell'apparato, modificando il tipo di utensile da utilizzare o aspetti del contesto in cui lo strumento doveva essere impiegato, come già descritto brevemente nella sessione "ipotesi di lavoro".

ESPERIMENTO 4 (*Modifica del contesto*)

Scopo dell'Esperimento 4 era quello di verificare se la scimmia fosse in grado di utilizzare lo strumento anche a seguito dell'eliminazione della catena metallica a cui solitamente lo strumento era agganciato e che lo teneva quindi saldamente fissato al tavolo di lavoro. Nel corso delle fasi sperimentali si era anche modificata la posizione in cui lo strumento era collocato e la posizione del contenitore del cibo.

METODI

Soggetti

Nell'Esperimento 4 sono stati coinvolti gli stessi soggetti utilizzati durante gli esperimenti precedenti (Charlie e Piccolo)

Apparato

Per condurre l'Esperimento 4 era stato usato il medesimo apparato dell'Esperimento 1 aggiungendo però alcune modifiche nelle 3 Fasi che lo compongono:

Nella Fase 4-C (*Bicchiere sul piedistallo*) il contenitore di yogurt non si trovava più sul tavolo di legno esterno ma era avvitato su di un piedistallo di metallo posto sempre al di fuori della gabbia. La distanza tra il bicchiere di plastica (diametro 6,5 cm, altezza 5,5 cm) e la gabbia della scimmia era di 44,5 cm. L'altezza a cui si trovava il bicchiere era di 70cm (vedi Figura 20).



Figura 20. L'immagine mostra il piedistallo su cui è stato posizionato il contenitore pieno di yogurt durante la Fase 4-C

Procedure

L'Esperimento 4 era stato diviso in tre Fasi (vedi Tabella 4) e in ognuna il compito che la scimmia doveva eseguire consisteva nel prendere la bacchetta di legno e, attraverso un movimento di estensione del braccio e dell'avambraccio verso l'esterno della gabbia, inserirla all'interno del bicchiere contenente yogurt.

Tutte le fasi sperimentali sono state eseguite all'interno dello stabulario in cui le scimmie erano ospitate. I soggetti sperimentali erano in contatto uditivo ma non visivo con gli altri conspecifici grazie a due alti pannelli (190 cm x 190 cm) di legno posizionati ai lati della gabbia del soggetto stesso.

Tutte le fasi sperimentali sono state videoriprese con una videocamera digitale CANON MVX250i, i filmati sono stati analizzati off-line per valutare la frequenza delle diverse categorie comportamentali.

- FASE 4-A (*Strumento senza catena*): In questa Fase si sono volute osservare le interazioni spontanee del soggetto con lo strumento libero da qualsiasi costrizione. Lo strumento, privato della catena, veniva appoggiato sul tavolo di legno all'inizio di ogni sessione. Il compito richiesto al soggetto in questa Fase era quello di afferrare lo strumento che si trovava appoggiato sul tavolo esterno e di inserirlo nel bicchiere per portare poi alla bocca il cibo raccolto. Qualora lo strumento fosse caduto fuori dalla gabbia lo sperimentatore lo avrebbe raccolto e riposizionato sul tavolo, mettendolo così nuovamente a disposizione della scimmia.
- FASE 4-B (*Strumento in posizioni diverse*): Lo scopo di questa Fase era quello di accertarsi che l'apprendimento fosse generalizzato a qualsiasi situazione implicante una diversa posizione dello strumento:

Lo strumento veniva appoggiato sul fondo della gabbia, nella sua parte anteriore, e leggermente a destra.

Lo strumento veniva appoggiato sul fondo della gabbia, ma nella sua parte posteriore e quindi opposta rispetto al pianetto. Per recuperarlo la scimmia avrebbe dovuto temporaneamente voltare le spalle a tavolo e cibo.

Il cibo si trovava invece sempre al di fuori della gabbia posizionato sul tavolo di legno. Compito della scimmia era quello di recuperare lo strumento all'interno della propria gabbia e portarlo verso l'esterno per poter così recuperare il cibo.

- **FASE 3 (Bicchiere sul piedistallo):** La caratteristica modificata in questa condizione era la posizione del bicchiere, non più fissato al pianetto (ora assente) ma sorretto da un piedistallo. Il piedistallo manteneva il bicchiere alla stessa altezza di quando era posizionato sul tavolo. La distanza tra bicchiere e gabbia era tale da non consentire alla scimmia di raggiungere il cibo con la mano. Non potendo più essere appoggiato sul tavolo esterno, lo strumento veniva collocato dallo sperimentatore sul fondo della gabbia, nella sua parte anteriore. Tale Fase è stata inserita per verificare se e in che modo le interazioni con lo strumento e la capacità di svolgere correttamente il compito subissero una modificazione dal momento che il tavolo esterno sul quale la scimmia appoggiava solitamente lo strumento per aggiustarne la prensione era stato rimosso.

Tutte le Fasi (4-A, 4-B, 4-C) erano costituite da 3 sessioni sperimentali della durata di 5 minuti ciascuna. Il soggetto era sottoposto ad un numero di 3 sessioni giornaliere intervallate da una pausa di almeno 1,5 ore. Tali sessioni sperimentali si svolgevano in un arco di tempo incluso tra le 9:00 e le 15:00.

TABELLA 4 Esperimento 4 e relative Fasi

ESPERIMENTO	FASE	SESSIONI		COMPITO ATTESO DELLA SCIMMIA
		N°	DURATA	
4. <i>Modifica del contesto</i>	4-A Strumento senza catena	3	5 minuti	Afferrare lo strumento appoggiato sul pianetto, inserirlo nel bicchiere e portarlo alla bocca per mangiare.
	4-B Strumento in posizioni diverse	a. 3	5 minuti	Afferrare lo strumento appoggiato sul fondo della gabbia (nella sua parte anteriore), inserirlo nel bicchiere e portarlo alla bocca per mangiare.
		b. 3	5 minuti	Afferrare lo strumento appoggiato sul fondo della gabbia (nella sua parte posteriore), inserirlo nel bicchiere e portarlo alla bocca per mangiare.
	4-C Bicchiere sul piedistallo	3	5 minuti	Come Fase 4-A

ANALISI COMPORTAMENTALE

Tutte le sessioni sono state videoregistrate e le cassette analizzate indipendentemente da due sperimentatori a conoscenza delle Fasi sperimentali.

Nel corso dell'analisi si sono considerate il numero di inserzioni corrette che il soggetto metteva in atto utilizzando lo strumento per recuperare il cibo e il numero di inserzioni scorrette.

Inserzioni CORRETTE dello strumento nel contenitore di cibo:

I tentativi corretti di inserzione sono stati definiti come quei tentativi in cui il soggetto riusciva a mettere in atto il comportamento adatto a recuperare il cibo e mangiare. Lo strumento veniva infatti impugnato ed esteso all'esterno della gabbia sino al raggiungimento del contenitore di cibo. Una volta raggiunto tale posizione veniva inserito con un movimento preciso all'interno del bicchiere per raccogliere lo yogurt in esso contenuto.

Nel testo e in particolare nei grafici illustrativi, tale categoria comportamentale viene definita semplicemente col termine "SUCCESSO".

Inserzioni SCORRETTE dello strumento nel contenitore di cibo

I tentativi scorretti di inserzione dello strumento nel bicchiere sono invece stati definiti come quei tentativi in cui il soggetto tentava di recuperare cibo ma non ci riusciva, o per una presa scorretta dello strumento o per una scarsa precisione dei movimenti in direzione del bicchiere.

Nel testo e in particolare nei grafici illustrativi, tale categoria comportamentale viene definita semplicemente col termine "FALLIMENTO".

ANALISI STATISTICA

Per verificare se il numero dei tentativi corretti o scorretti di inserzione dello strumento fosse distribuito in modo casuale abbiamo applicato un Test Binomiale.

RISULTATI

Nel corso dell'Esperimento 4 (*Modifica del contesto*) entrambi i soggetti dimostravano di essere perfettamente in grado di utilizzare lo strumento. Utilizzando un Test Binomiale si è voluto analizzare la probabilità dei tentativi corretti di

inserzione durante il corso delle sessioni. Durante la Fase 4-A e 4-B (*Strumento senza catena; Strumento in posizioni diverse*) sia Charlie che Piccolo hanno utilizzato correttamente lo strumento con una frequenza significativamente diversa rispetto a quella casuale ($p < 0,001$); il medesimo risultato si è registrato nella Fase 4-C (*Bicchiere sul piedistallo*) in cui sia Charlie che Piccolo, a partire dalla 2^a sessione hanno utilizzato correttamente lo strumento con una frequenza significativamente diversa rispetto a quella attesa in base al caso (Charlie $p < 0,001$; Piccolo $p < 0,005$) (vedi Figura 21).

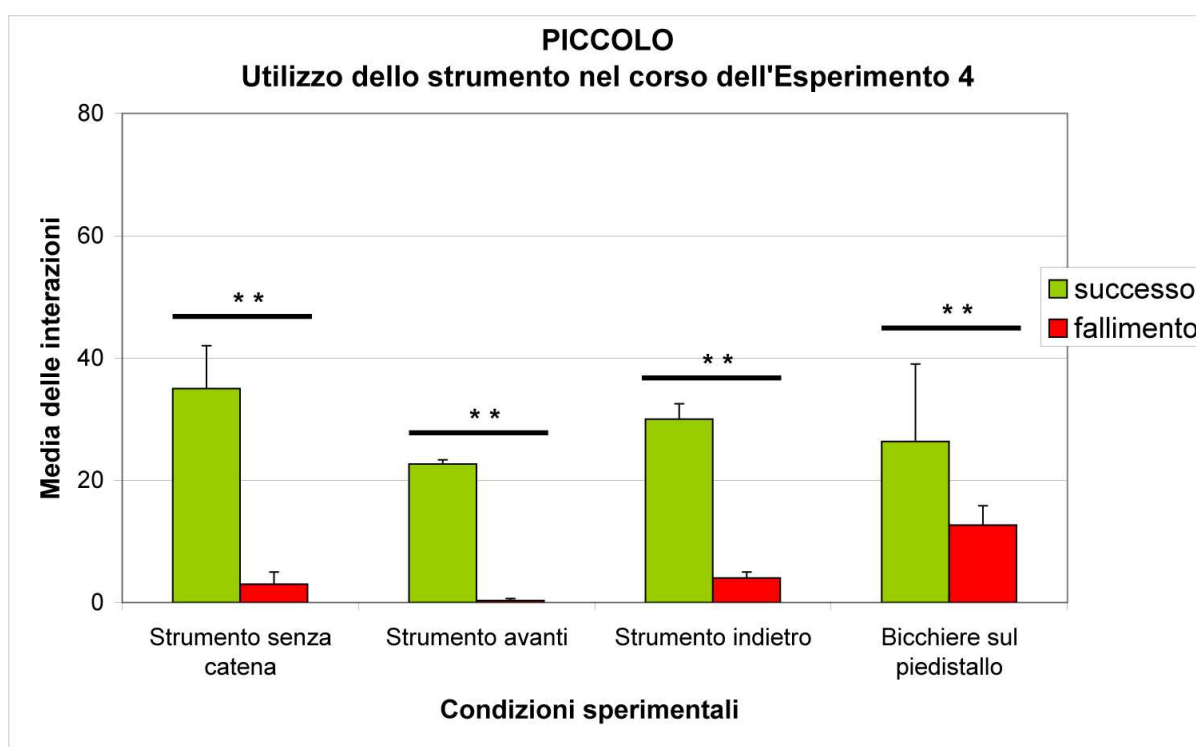
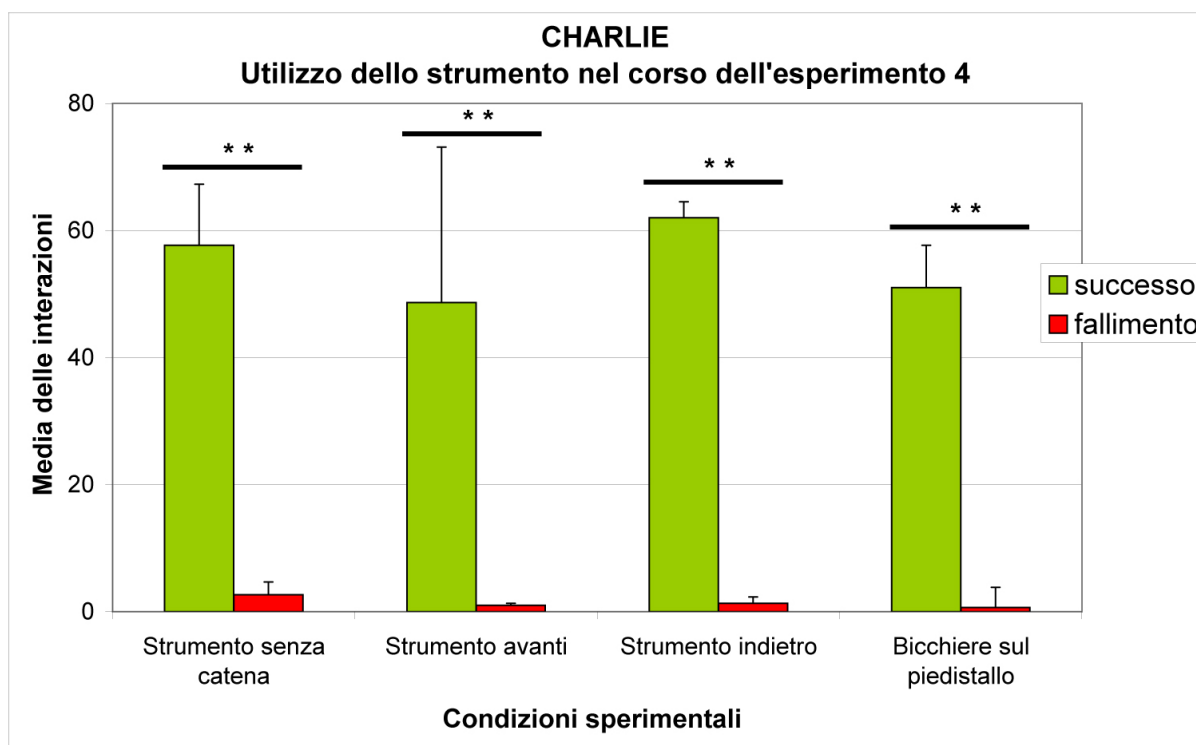


Figura 21. Il grafico mostra il numero di interazioni medie corrette e scorrette e il relativo errore standard del soggetto Charlie e Piccolo durante l'Esperimento 4 (Fasi 4-A, 4-B, 4-C)

ESPERIMENTO 5 (*Modifica della tipologia dello strumento utilizzato*)

Durante questa fase veniva modificata la tipologia dello strumento presentato alla scimmia. Oggetto d'indagine erano le eventuali modificazioni del comportamento che il soggetto avrebbe mostrato trovandosi di fronte ad oggetti simili in qualche caratteristica alla bacchetta sin qui utilizzata, ma diversi in termini di peso e materiale.

METODI

Soggetti

I soggetti utilizzati durante l'Esperimento 5 sono i medesimi utilizzati negli Esperimenti precedenti.

Apparato

Per condurre l'Esperimento 5 è stato usato il medesimo apparato dell'Esperimento 1, lo strumento era stato però modificato nella forma e nel materiale:

Nella Fase 5-A (*Strumento di materiale diverso*) lo strumento presentato era in plexiglass trasparente, anziché essere di legno come in precedenza (vedi Figura 22).

La dimensione e il peso di questo nuovo strumento, risultavano molto simili come dimensione e peso lo strumento che il soggetto aveva sin qui sempre utilizzato (diametro 1 cm, lunghezza 22 cm): ciò che cambiava erano le sensazioni tattili e visive che il nuovo materiale impiegato induceva nel soggetto .



Figura 22. Bacchetta di plexiglass fornita al soggetto per recuperare cibo durante lo svolgimento della Fase 5-A

Nella Fase 5-B (*Strumento di forma diversa*) alla scimmia era stato presentato uno strumento ricavato da un appendiabiti di legno modificato: ogni braccio era stato tagliato per ridurre la lunghezza a cm 16,5 e cm 8, l'appendiabiti era stato anche privato dell'uncino metallico. L'animale durante questa Fase si trovava quindi a dover interagire con uno strumento dalle stesse proprietà tattili della bacchetta di legno ma con un peso notevolmente superiore (vedi Figura 23).



Figura 23. Appendiabiti in legno modificato e presentato al soggetto come strumento per il recupero del cibo durante lo svolgimento della Fase 5-B

Procedure

L'Esperimento 5 è stato diviso in 2 Fasi (vedi Tabella 5) e in ognuna il compito che la scimmia doveva svolgere consisteva nell'afferrare lo strumento e, attraverso un movimento di estensione del braccio e dell'avambraccio verso l'esterno della gabbia, inserirlo all'interno del bicchiere contenente yogurt.

Tutte le fasi sperimentali sono state eseguite all'interno dello stabulario in cui le scimmie erano ospitate. I soggetti sperimentali erano in contatto uditivo ma non visivo con gli altri conspecifici grazie a due alti pannelli (190 cm x 190 cm) di legno posizionati ai lati della gabbia del soggetto stesso.

Tutte le fasi sperimentali sono state videoriprese con una videocamera digitale CANON MVX250i, i filmati sono stati analizzati off-line per valutare la frequenza delle diverse categorie comportamentali.

- FASE 5-A (Strumento di materiale diverso) e la FASE 5-B (*Strumento di forma diversa*) erano costituite da 3 sessioni sperimentali ciascuna della durata di 5 minuti. Il soggetto era sottoposto ad un numero di 3 sessioni giornaliere intervallate da una pausa di almeno 1,5 ore. Tali sessioni sperimentali si svolgevano in un arco di tempo incluso tra le 9:00 e le 15:00.

Tabella 5 Esperimento 5 e relative Fasi

ESPERIMENTO	FASE	SESSIONI		COMPITO ATTESO DELLA SCIMMIA
		N°	DURATA	
5. <i>Modifica della tipologia di strumento</i>	5-A Strumento di materiale diverso	3	5 minuti	Afferrare lo strumento appoggiato sul pianetto, inserirlo nel bicchiere e portarlo alla bocca per mangiare.
	5-B Strumento di forma diversa	3	5 minuti	Come sopra

ANALISI COMPORTAMENTALE

Tutte le sessioni sono state videoregistrate e le cassette analizzate indipendentemente da due sperimentatori a conoscenza delle Fasi sperimentali.

Nel corso dell'analisi si sono considerate il numero di inserzioni corrette che il soggetto metteva in atto utilizzando lo strumento per recuperare il cibo e il numero di inserzioni scorrette.

Per l'analisi comportamentale, vedi Esperimento 4.

ANALISI STATISTICA

Per verificare se il numero dei tentativi corretti o scorretti di inserzione dello strumento fosse distribuito in modo casuale abbiamo applicato un Test Binomiale.

RISULTATI

Nella Fase 5-A (*Strumento di materiale diverso*) Charlie e Piccolo erano stati in grado di utilizzare lo strumento correttamente con una frequenza significativamente diversa rispetto a quella casuale ($p < 0,001$).

Durante la Fase 5-B (*Strumento di forma differente*) entrambi i soggetti erano stati in grado di afferrare lo strumento e di avvicinarlo correttamente alla fonte di cibo. Al contrario però di ciò che si era ottenuto nelle condizioni precedenti, i movimenti erano poco accurati, i soggetti mostravano notevoli difficoltà di precisione e quindi una costante diminuzione nella frequenza di successo. Tale difficoltà era data probabilmente dalla pesantezza e dalla poca maneggevolezza dello strumento (vedi Figura 24).

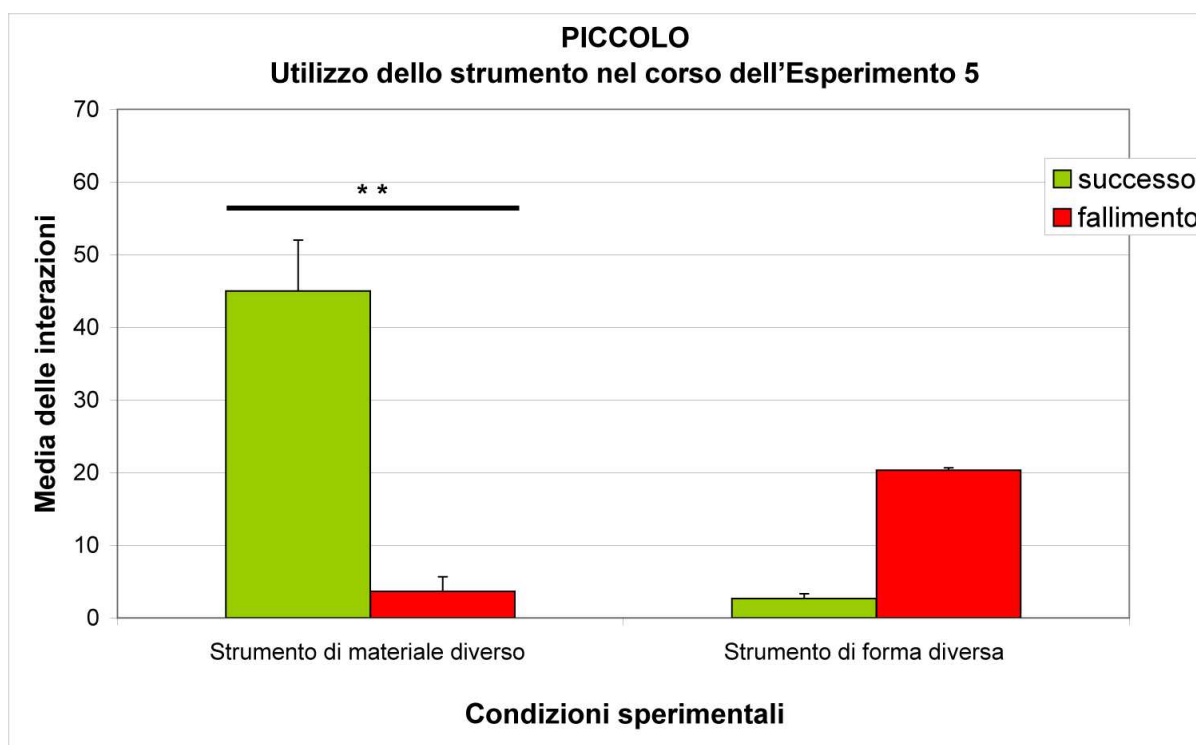
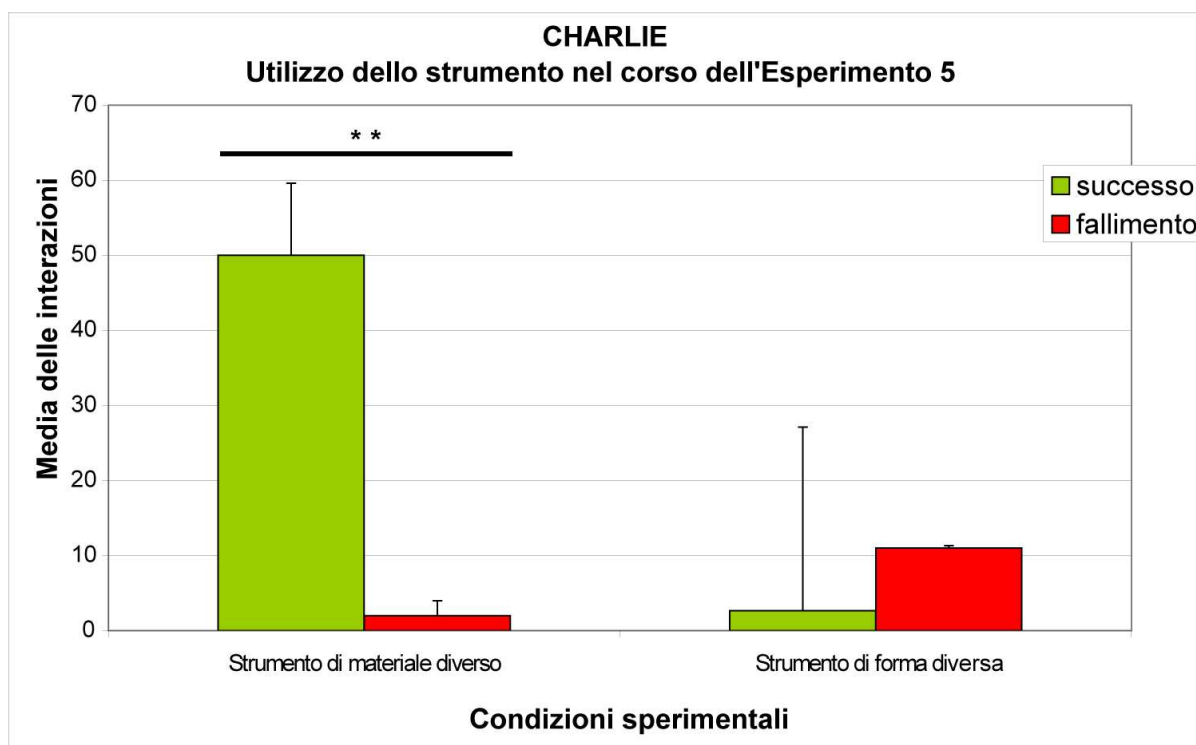


Figura 24. Il grafico mostra il numero di interazioni medie corrette e scorrette e l'errore standard del soggetto Charlie e Piccolo durante l'Esperimento 5 (Fasi 5-A, 5-B)

ESPERIMENTO 6 (*Riconoscimento delle caratteristiche funzionali dello strumento*)

In questo nuovo Esperimento, costituito da una sola Fase sperimentale (*Scelta tra strumenti diversi*) si era voluto valutare la capacità della scimmia di riconoscere le caratteristiche che rendono uno strumento adeguato o inadeguato all'obiettivo.

METODI*Soggetti*

I soggetti utilizzati durante l'Esperimento 5 sono stati i medesimi utilizzati negli Esperimenti precedenti (Charlie e Piccolo).

Apparato

Nella Fase 6-A (*Scelta tra diversi strumenti*) venivano presentati alla scimmia 3 differenti utensili. Gli strumenti posizionati sul tavolo potevano essere tutti funzionali ed appropriati (cioè abbastanza lunghi da consentire il raggiungimento del cibo), oppure due non appropriati (di lunghezza insufficiente per lo scopo) e uno solo funzionale. Gli strumenti erano tutti di legno e dello stesso colore: ciò che variava erano forma e dimensione (vedi Figura 25).

In base alla forma gli strumenti potevano essere di tre tipologie:

- a) Bacchetta: con lunghezza appropriata per il raggiungimento del cibo cm 22, o con lunghezza non appropriata cm 11
- b) Cucchiaino: con lunghezza appropriata per il raggiungimento del cibo cm 22, o con lunghezza non appropriata cm 11
- c) Ovoidale: con lunghezza appropriata per il raggiungimento del cibo cm 22, o con lunghezza non appropriata cm 11

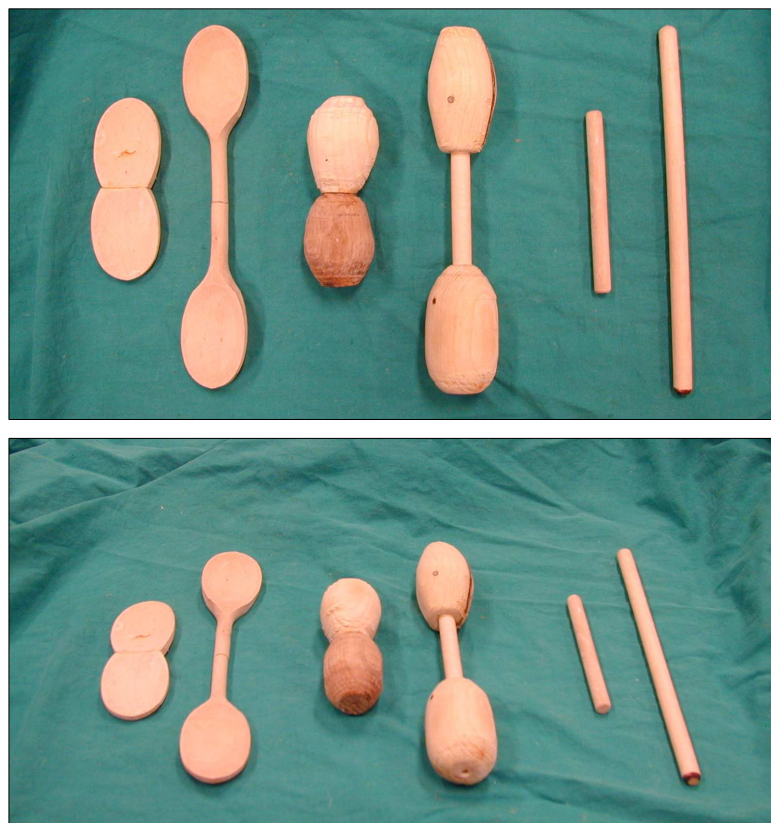


Figura 25. Le coppie di strumenti (raffigurate con 2 prospettive differenti) presentate al soggetto per recuperare cibo durante lo svolgimento della Fase 6-A (*Scelta fra strumenti diversi*)

Procedure

Al soggetto veniva chiesto di discriminare tra i diversi strumenti, presentati contemporaneamente, che potevano essere utilizzati per recuperare il cibo.

Gli strumenti erano presentati alla scimmia secondo le seguenti possibili combinazioni:

- tutti e tre funzionali ed adeguati (in questo modo si voleva verificare che la scelta dello strumento non avvenisse in base alla novità o ad altre caratteristiche non legate alla funzionalità dello strumento stesso);
- strumento a cucchiaio funzionale, bacchetta e utensile ovoidale non funzionali;
- strumento ovoidale funzionale, bacchetta e cucchiaio non funzionali.

Le varie combinazioni erano presentate in sessioni alternate: si voleva in questo modo evitare che, durante una serie di sessioni con lo stesso strumento adeguato, si innescaessero processi di apprendimento tali per cui la scimmia avrebbe continuato a scegliere lo strumento che in precedenza le aveva permesso di ottenere cibo.

La Fase 6-A era costituita da 9 sessioni sperimentali della durata di 5 minuti ciascuna (3 sessioni in cui tutti e 3 le tipologie di strumenti potevano essere funzionali, 3 sessioni sperimentali in cui solo lo strumento a forma di cucchiaio risultava funzionale, 3 sessioni in cui invece ad essere funzionale era lo strumento ovoidale). Il soggetto era sottoposto ad un numero di 3 sessioni giornaliere intervallate da una pausa di almeno 1,5 ore. Tali sessioni sperimentali si svolgevano in un arco di tempo incluso tra le 9:00 e le 15:00 (vedi Tabella 6).

Tutte le fasi sperimentali sono state eseguite all'interno dello stabulario in cui le scimmie erano ospitate. I soggetti sperimentali erano in contatto uditivo ma non visivo con gli altri conspecifici grazie a due alti pannelli (190 cm x 190 cm) di legno posizionati ai lati della gabbia del soggetto stesso.

Tutte le fasi sperimentali sono state videoriprese con una video camera digitale CANON MVX250i, i filmati sono stati analizzati off-line per valutare la frequenza delle diverse categorie comportamentali.

Tabella 6 Esperimento 6 e relative Fasi

ESPERIMENTO	FASE	SESSIONI		COMPITO ATTESO DELLA SCIMMIA
		N°	DURATA	
6. <i>Riconoscimento delle caratteristiche funzionali dello strumento</i>	6-A Scelta fra strumenti diversi	9	5 minuti	Afferrare lo strumento adeguato, inserirlo nel bicchiere e portarlo alla bocca per mangiare.

ANALISI COMPORTAMENTALE

Tutte le sessioni sono state videoregistrate e le cassette analizzate indipendentemente da due sperimentatori a conoscenza delle Fasi sperimentali.

Nel corso dell'analisi si era considerato quale strumento la scimmia preferisse utilizzare per recuperare il cibo:

- Si era valutato il numero di volte in cui la scimmia avesse preferito utilizzare lo strumento funzionale rispetto agli strumenti non funzionali, nelle sessioni in cui vi era solo 1 strumento adatto al recupero del cibo.
- Si era inoltre valutato se vi fosse una preferenza per lo strumento bacchetta nelle sessioni sperimentali in cui tutti e tre gli strumenti erano funzionali.

- Infine si era indagato se la scimmia mostrasse una preferenza per un determinato strumento in particolare, analizzando di conseguenza, in ogni sessione sperimentale, quale fosse il primo strumento utilizzato, ovvero lo strumento che veniva per primo afferrato ed utilizzato per recuperare il cibo.

ANALISI STATISTICA

Per verificare se lo strumento funzionale fosse stato utilizzato più frequentemente rispetto agli strumenti non funzionali si è utilizzato il Test del Chi - quadrato. Lo stesso Test è stato impiegato per valutare se vi fosse una preferenza dello strumento bacchetta nel corso delle tre sessioni in cui la scimmia si trovava a dover scegliere tra 3 strumenti tutti funzionali. Per valutare invece se la scimmia scegliesse come attrezzo da usare per primo sempre la stessa tipologia di strumento, si è utilizzato un Test Binomiale.

RISULTATI

Nel corso della Fase 6-A (*Scelta tra strumenti differenti*) Charlie e Piccolo hanno utilizzato lo strumento appropriato con una frequenza significativamente maggiore se paragonato all'utilizzo dello strumento non appropriato (Charlie $\chi^2=166,25$, $p<0,01$; Piccolo $\chi^2=8,00$, $p<0,01$) (vedi Figura 26 e 27).

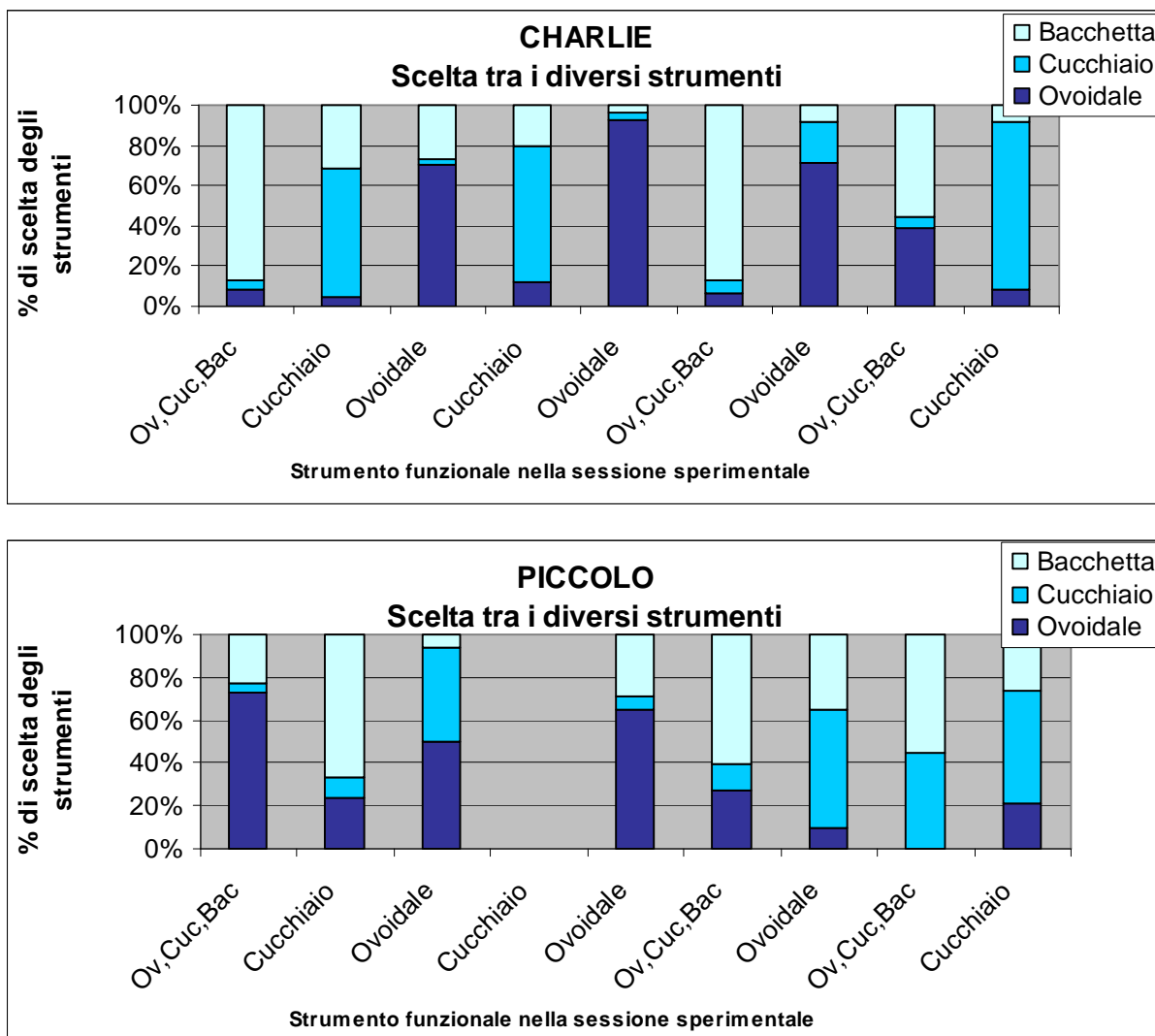


Figura 26. Gli istogrammi rappresentano le scelte dello strumento effettuate dalla scimmia (Charlie e Piccolo) durante ciascuna sessione: la frequenza con cui gli strumenti sono manipolati/utilizzati è espressa in percentuale rispetto alle interazioni totali con gli strumenti in ciascuna sessione

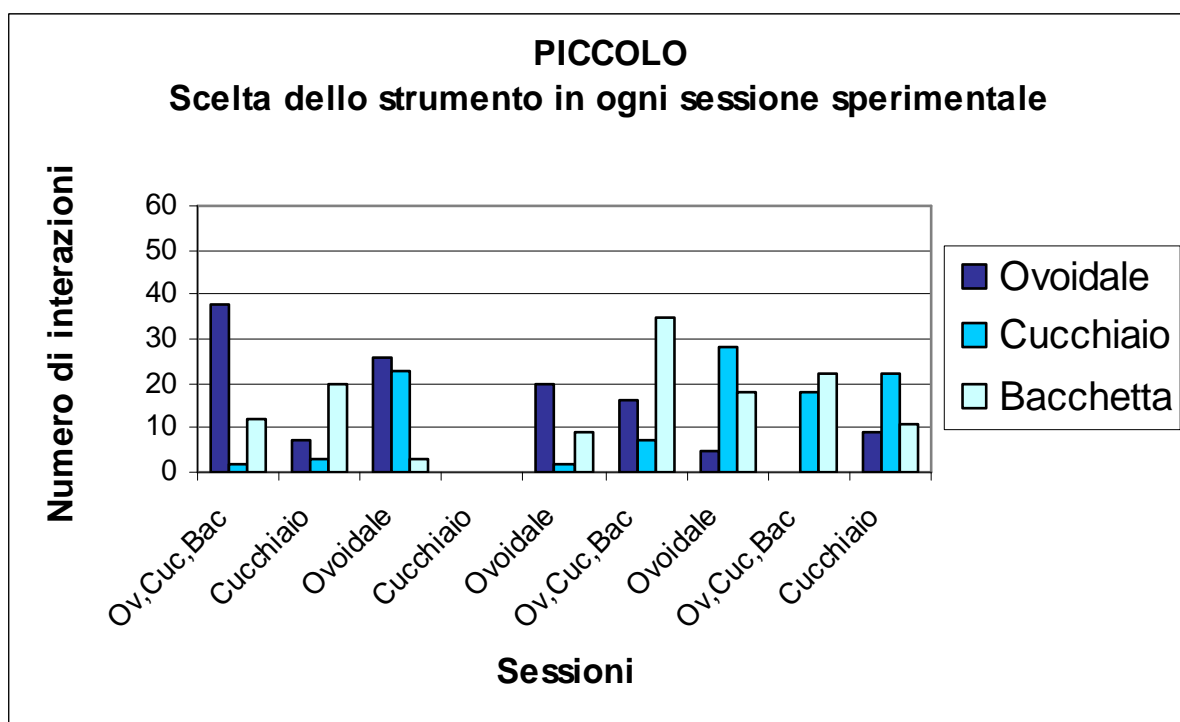
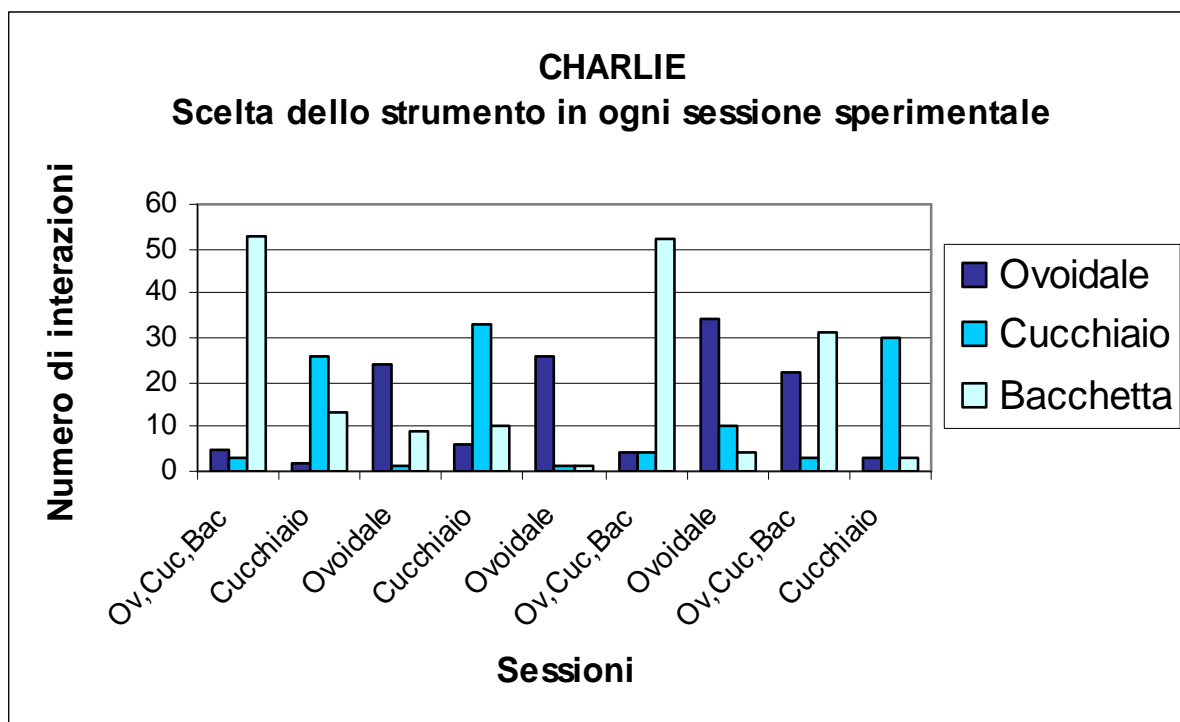


Figura 27. Gli istogrammi rappresentano le scelte dello strumento effettuate dalla scimmia (Charlie e Piccolo) durante ciascuna sessione

Inoltre, per valutare se i soggetti fossero stati in grado di riconoscere la lunghezza come caratteristica saliente che rende lo strumento appropriato, o se l'apprendimento fosse avvenuto semplicemente per tentativi ed errori, si era valutato per ogni sessione quale strumento il soggetto utilizzava per primo: si è considerato lo strumento come "primo strumento utilizzato" se l'animale lo afferrava o tentava di utilizzarlo per raggiungere cibo, (senza considerare se fossero stati toccati o manipolati altri strumenti in precedenza). I risultati hanno mostrato che entrambe le scimmie non avevano mai scelto sistematicamente lo strumento più lungo; interessante notare anche che le scimmie non sceglievano nemmeno lo strumento che si era rivelato appropriato nella sessione precedente, ciò vale sia nel caso in cui si consideri come prima scelta lo strumento manipolato, sia che consideri il primo utilizzato (Test binomiale n.s. per entrambi i soggetti). Possiamo quindi concludere che i soggetti non hanno mostrato alcuna preferenza significativa nell'utilizzo di un particolare strumento rispetto agli altri nelle sessioni in cui solo uno dei tre risultava funzionale.

Al contrario, quando tutti gli strumenti si rivelavano essere funzionali per il raggiungimento del cibo, sia Charlie che il Piccolo preferivano utilizzare lo strumento più familiare e maneggevole, ovvero la bacchetta (Charlie $\chi^2=176,47$ $p<0,01$; Piccolo $\chi^2=17,65$ $p<0,01$).

ESPERIMENTO 7 (*Utilizzo dello strumento avvalendosi di una sequenza motoria differente*)

Durante questa fase il cibo non si trovava più all'interno di un contenitore posto su di un tavolo all'esterno della gabbia ma veniva collocato in un tubo di plexiglas trasparente agganciato internamente alle sbarre (situazione identica alla Fase 3-A e 3-B dell'Esperimento 3); modificando alcune caratteristiche del compito si era cercato nuovamente di valutare le capacità di generalizzazione della scimmia.

METODI

Soggetti

I soggetti utilizzati durante l'Esperimento 5 sono i medesimi utilizzati negli Esperimenti precedenti (Charlie e Piccolo).

Apparato

L'apparato sperimentale utilizzato era identico a quello utilizzato nel corso dell'Esperimento 3, ovvero lo yogurt era contenuto all'interno di un tubo di plexiglass trasparente posizionato ed agganciato internamente alle sbarre della gabbia (altezza del tubo 18 cm, diametro interno 3 cm). Lo yogurt posizionato sul fondo del tubo era raggiungibile solo attraverso un inserimento completo dello strumento all'interno del contenitore. Lo strumento, una bacchetta di legno lunga 22 cm dal diametro di 1 cm, identica a quella usata negli Esperimenti precedenti era invece posizionata sul fondo della gabbia (vedi Figura 28).



Figura 28. La figura illustra l'apparato sperimentale utilizzato nel corso dell'Esperimento 7

Procedure

Tutte le Fasi sperimentali sono state eseguite all'interno dello stabulario in cui le scimmie erano ospitate. I soggetti sperimentali erano in contatto uditivo ma non visivo con gli altri conspecifici grazie a due alti pannelli (190 cm x 190 cm) di legno posizionati ai lati della gabbia del soggetto stesso.

Tutte le fasi sperimentali sono state videoriprese con una videocamera digitale CANON MVX250i, i filmati sono stati analizzati off-line per valutare la frequenza delle diverse categorie comportamentali.

L'Esperimento è stato diviso in 4 Fasi (vedi Tabella 7):

- *FASE 7-A (Utilizzo dello strumento in un nuovo compito):* In questa Fase si era valutato se e come la scimmia riuscisse a recuperare il cibo posto

all'interno di un tubo di plexiglass agganciato alle sbarre interne della gabbia. Lo strumento era invece presentato senza catena e sul fondo della gabbia. Il compito richiesto implicava una sequenza di atti motori diverso da quella precedente.

La Fase 7 era costituita da 6 sessioni sperimentali della durata di 5 minuti ciascuna. Il soggetto era sottoposto ad un numero di 3 sessioni giornaliere intervallate da una pausa di almeno 1,5 ore. Tali sessioni sperimentali si sono svolte in un arco di tempo incluso tra le 9:00 e le 15:00.

- *FASE 7-B (Facilitazione alla produzione di un atto motorio diverso con lo stesso strumento)*: Dal momento che nella Fase precedente nessuna delle scimmie era riuscita ad inserire lo strumento nel contenitore, nella Fase 7-B lo strumento veniva presentato al soggetto già inserito all'interno del tubo, suggerendo così una parte del programma motorio necessario per risolvere tale compito. Il soggetto avrebbe dovuto infatti solo estrarre lo strumento già inserito e mangiare il cibo, e ciò gli avrebbe dovuto suggerire la parte iniziale del programma motorio, ovvero l'inserimento dello strumento all'interno del contenitore. In questa Fase si erano mantenute inalterate le caratteristiche sperimentali della Fase precedente (Condizione 7-A).

La Fase 7-B era costituita da 1 sola sessione sperimentale della durata di 40 minuti. Lo strumento veniva inserito all'interno del tubo dallo sperimentatore 1 volta ogni 10 minuti circa. La visione di tale procedura era però impedita all'animale.

- *FASE 7-C (Consolidamento del comportamento appreso)*: Il bicchiere era agganciato alle sbarre della gabbia e lo strumento era nuovamente presentato sul fondo della gabbia (e non inserito nel bicchiere). Tale Condizione era stata introdotta per permettere al soggetto di consolidare l'apprendimento precedentemente avvenuto.

La Fase 7-C era costituita da 3 sessioni sperimentali della durata di 10 minuti ciascuna, intervallate da una pausa di almeno 1,5 ore. Tali sessioni sperimentali si sono svolte in un arco di tempo incluso tra le 9:00 e le 15:00.

- *FASE 7-D (Utilizzo dello strumento in presenza/assenza di cibo)*: Allo scopo di valutare se l'utilizzo dello strumento variasse a seconda della possibilità o meno di ottenere cibo inserendo lo strumento nel contenitore, l'apparato sperimentale veniva predisposto come nella Fase 7-C ma il bicchiere era

alternativamente pieno di yogurt o vuoto (accuratamente lavato per eliminare residui o odori del cibo). In entrambi i casi la scimmia poteva inserire lo strumento nel bicchiere, ma non sempre trovava yogurt. Durante i primi 5 minuti della sessione, per essere certi che la scimmia vedesse la presenza o l'assenza di cibo, il soggetto poteva interagire solo con il bicchiere in assenza dello strumento. Trascorsi questi 5 minuti lo sperimentatore posizionava lo strumento sul fondo della gabbia e la scimmia poteva interagire con esso per i successivi 10 minuti della sessione.

Le sessioni con cibo presente sono state alternate a quelle con cibo assente.

La Fase 7-D era costituita da 6 sessioni sperimentali della durata di 15 minuti ciascuna (5 minuti di interazione solo con il tubo e 10 minuti di interazioni fornendo all'animale anche lo strumento per recuperare il cibo). Il soggetto era sottoposto ad un numero di 3 sessioni giornaliere intervallate da una pausa di almeno 1,5 ore. Tali sessioni sperimentali si svolgevano in un arco di tempo incluso tra le 9:00 e le 15:00.

TABELLA 7 Esperimento 7 e relative Fasi

ESPERIMENTO	FASE	SESSIONI		COMPITO ATTESO DELLA SCIMMIA
		N°	DURATA	
7. <i>Utilizzo dello strumento avvalendosi di una sequenza motoria differente</i>	7-A Utilizzo dello strumento nel nuovo compito	6	5 minuti	Afferrare lo strumento appoggiato sul fondo della gabbia ed inserirlo nel tubo per recuperare il cibo
	7-B Facilitazione alla produzione di un atto motorio diverso con lo stesso strumento.	1	40 minuti	Afferrare lo strumento già inserito nel bicchiere e portarlo alla bocca per mangiare. Inserire autonomamente lo strumento nel bicchiere.
	7-C Consolidamento del comportamento appreso	3	10 minuti	Come Fase 7-A
	7-D Utilizzo dello strumento in presenza/assenza di cibo	6	15 minuti	Come Fase 7-A

ANALISI COMPORTAMENTALE

Tutte le sessioni sono state videoregistrate e le cassette analizzate indipendentemente da due sperimentatori a conoscenza delle Fasi sperimentali.

Nel corso dell'analisi delle Fasi da 7-A a 7-D si sono considerate il numero di inserzioni corrette che il soggetto metteva in atto utilizzando lo strumento per recuperare il cibo e il numero di inserzioni scorrette.

Inserzioni CORRETTE dello strumento nel contenitore di cibo:

I tentativi corretti di inserzione sono stati definiti come quei tentativi in cui il soggetto riusciva a mettere in atto il giusto comportamento per recuperare il cibo e mangiare. Lo strumento veniva infatti impugnato ed inserito nel tubo di plexiglass sino al raggiungimento del cibo. Nel corso del testo e in particolare nei grafici illustrativi, tale categoria comportamentale viene definita semplicemente col termine "SUCCESSO".

Inserzioni SCORRETTE dello strumento nel contenitore di cibo

I tentativi scorretti di inserzione dello strumento nel bicchiere sono invece stati definiti come quei tentativi in cui il soggetto tentava di recuperare cibo ma non ci riusciva: questo poteva avvenire sia per un afferramento scorretto dello strumento sia per una poca precisione dei movimenti durante i tentativi di inserzione dello strumento nel tubo contenente il cibo. Più in generale, ogni qual volta la scimmia impugnava lo strumento, si avvicinava al contenitore e tentava di recuperare yogurt ma il suo atto motorio non produceva il risultato sperato, tale tentativo di inserzione veniva classificato come scorretto.

Nel corso del testo e in particolare nei grafici illustrativi, tale categoria comportamentale viene definita semplicemente col termine "FALLIMENTO".

ANALISI STATISTICA

Un Test del Chi - quadrato è stato applicato per valutare la variazione del numero dei tentativi di inserzione all'interno del tubo quando questo era alternativamente pieno di cibo o vuoto. Lo stesso Test è stato applicato anche per valutare se vi fosse una differenza nel numero di inserzioni tra la prima sessione in cui il tubo era pieno e la prima sessione in cui il tubo era invece stato svuotato.

RISULTATI

I risultati mostrano che nella Condizione 7-A (*Utilizzo dello strumento in un nuovo compito*) Charlie non tentavano mai di raggiungere il cibo all'interno del tubo cercando invece di replicare il comportamento appreso precedentemente, afferrando lo strumento ed estendendo il braccio verso l'esterno della gabbia per cercare di raggiungere un contenitore immaginario posto al di fuori. Al contrario Piccolo aveva cercato più volte di inserire lo strumento nel contenitore, ma sempre senza successo.

Nella Condizione 7-B (*Facilitazione nella produzione di un differente atto motorio*) dopo una dimostrazione di inserzione dello strumento all'interno del bicchiere da parte dello sperimentatore, entrambe le scimmie avevano afferrato a loro volta lo strumento tentando di inserirlo nel contenitore. Dopo 10 minuti di tentativi non andati a buon fine lo sperimentatore aveva nuovamente inserito lo strumento nel tubo.

Ancora una volta, entrambi i soggetti avevano cercato di inserire lo strumento nel contenitore ma senza successo. Successivamente, dopo circa 10 minuti di tentativi continui, le 2 scimmie erano riusciti ad inserire lo strumento nel bicchiere ed ad estrarlo immediatamente per mangiare lo yogurt.

Nella Condizione 7-C (*Consolidamento del comportamento appreso*) le scimmie avevano proseguito i tentativi di inserzione dello strumento nel bicchiere, confermando di essere in grado di inserire ed estrarre con successo lo strumento dentro al bicchiere. La frequenza media dei tentativi corretti tendeva ad aumentare con il passare delle sessioni ma una differenza significativa tra la prima e l'ultima sessione era evidente solo in un soggetto (Charlie $\chi^2= 1,80$ n.s.; Piccolo $\chi^2=9,52$ $p<0,01$) (vedi Figura 29).

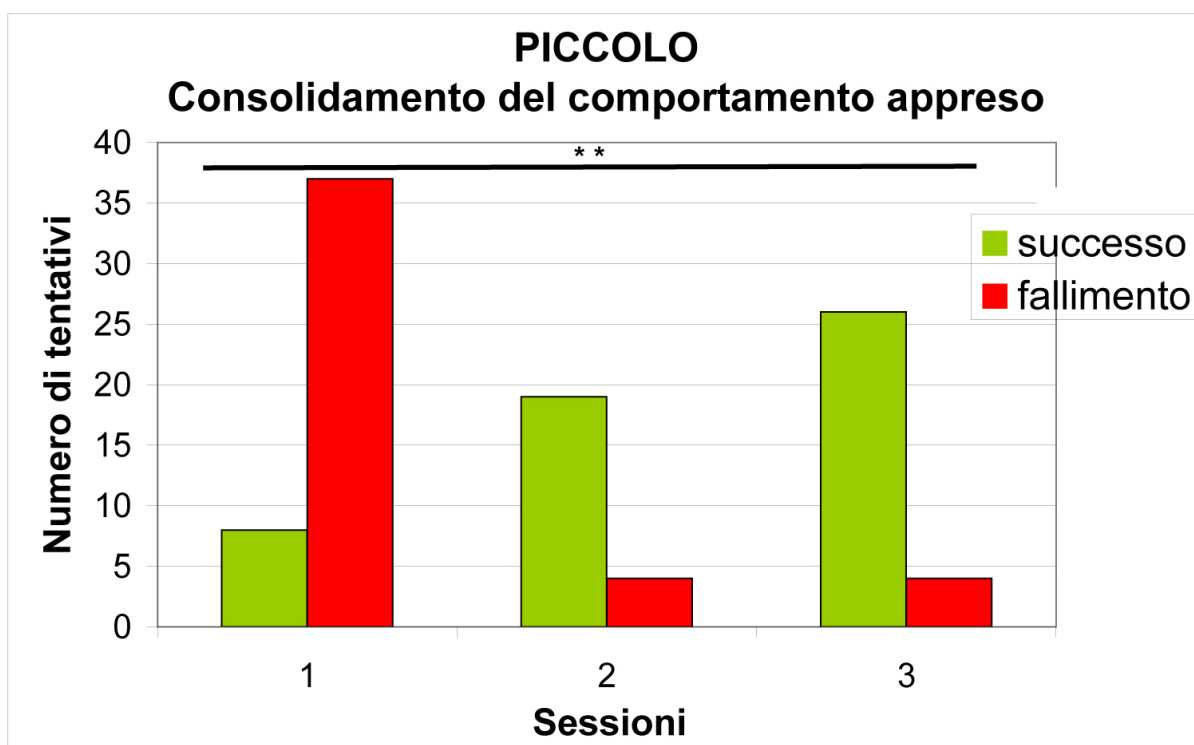
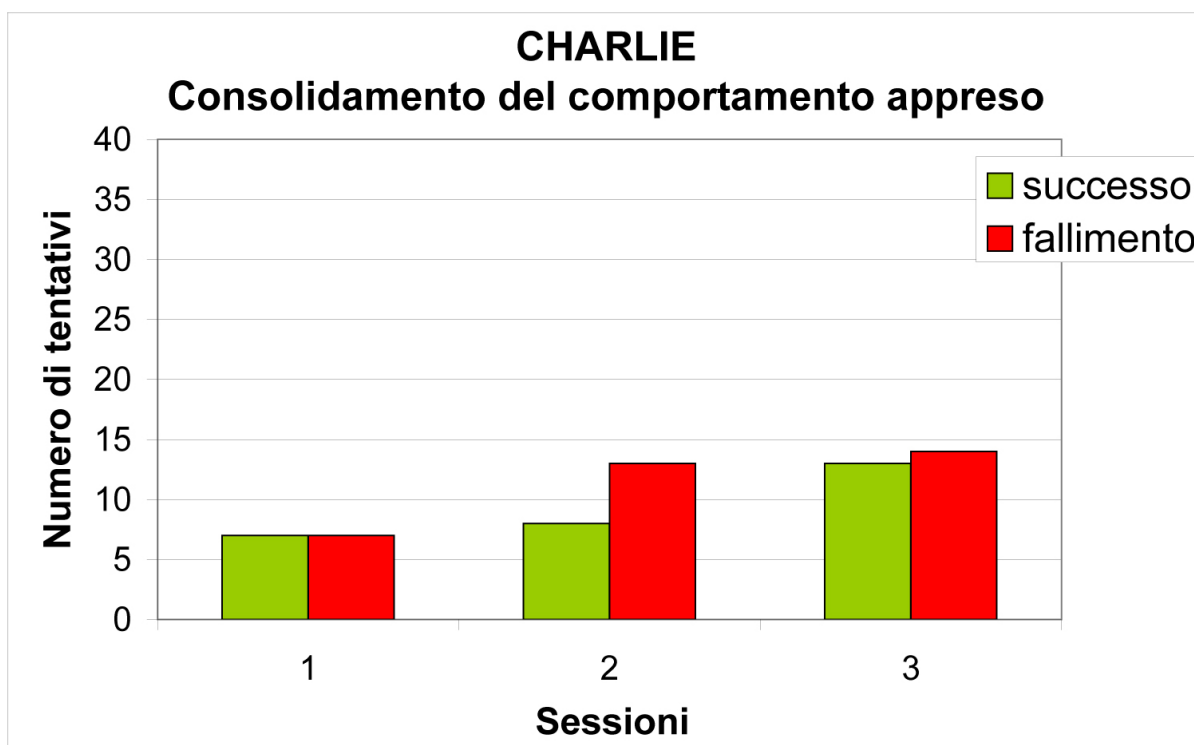


Figura 29. Gli istogrammi rappresentano il numero dei tentativi corretti e scorretti messi in atto dal soggetto Charlie e Piccolo nel corso della Fase 7-C.

Nella Fase 7-D (*Strumento utilizzato con/senza yogurt*) i soggetti avevano ridotto notevolmente il numero di tentativi di inserzione dello strumento quando il contenitore era privo di yogurt (Charlie $\chi^2=39,02$ $p<0,01$; Piccolo $\chi^2=65,06$ $p<0,01$) (vedi Figura 30 e 31).

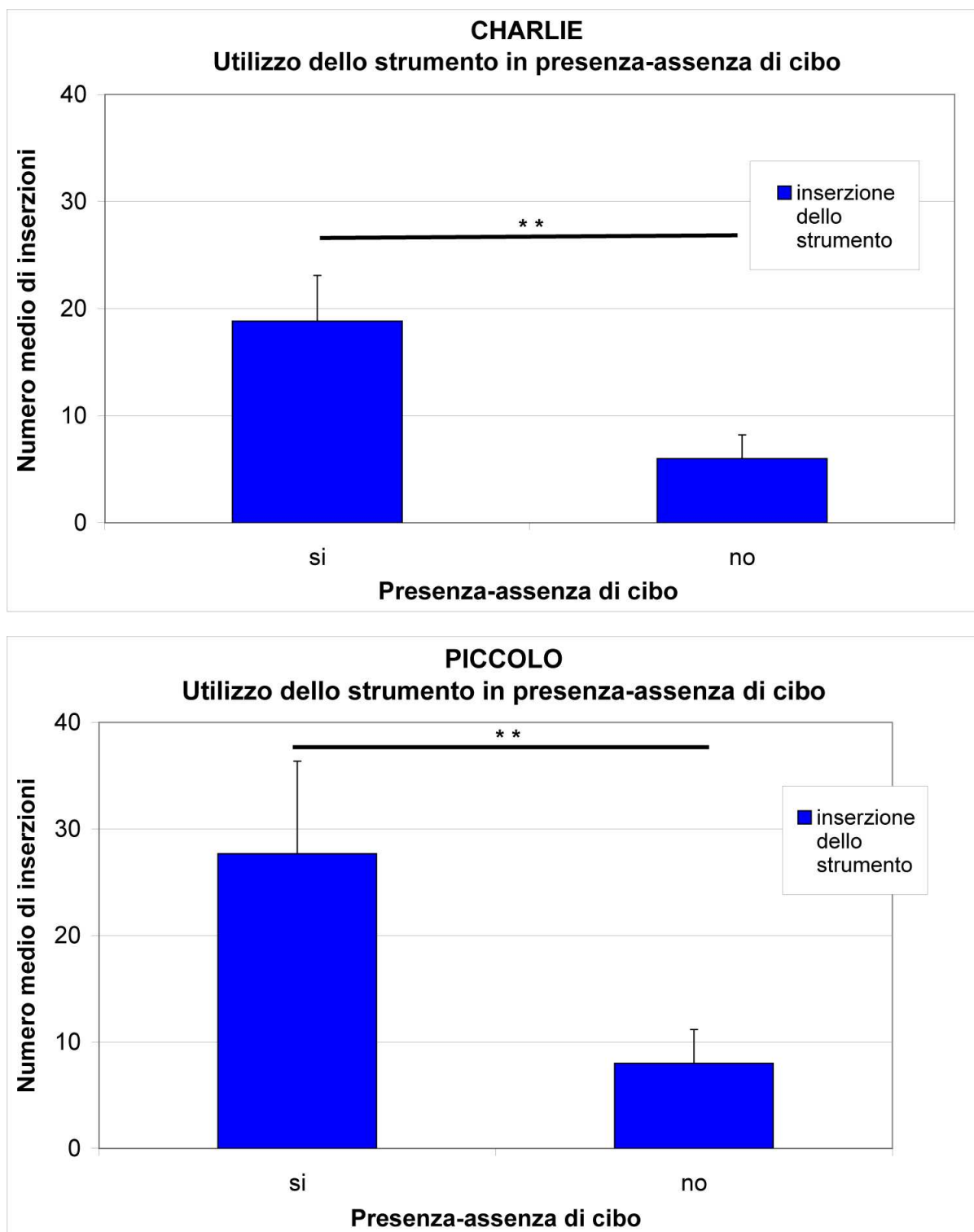


Figura 30. Il grafico rappresenta il numero di medio di inserzioni, con relativo errore standard, effettuati dal soggetto Charlie e dal soggetto Piccolo, durante le 3 sessioni in cui il cibo era presente nel tubo (SI) e nelle 3 sessioni in cui il tubo era invece vuoto (NO)

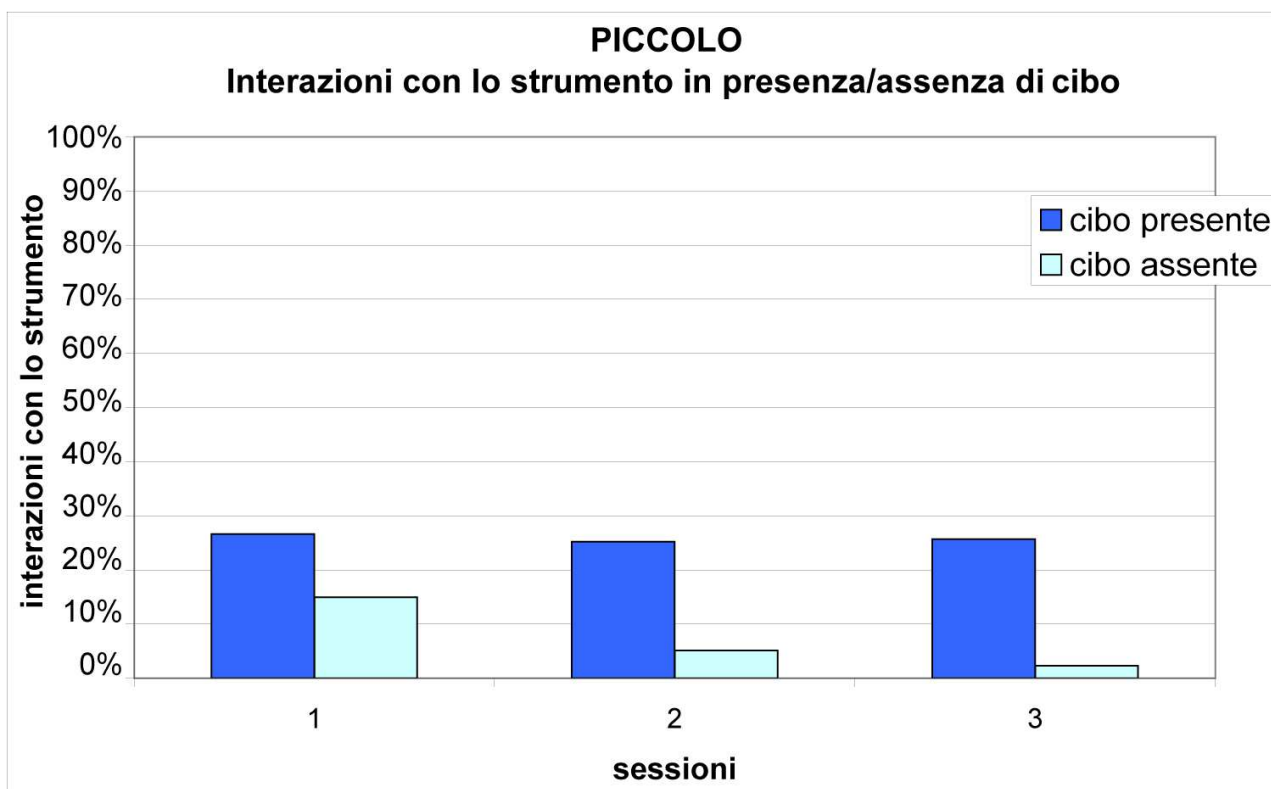
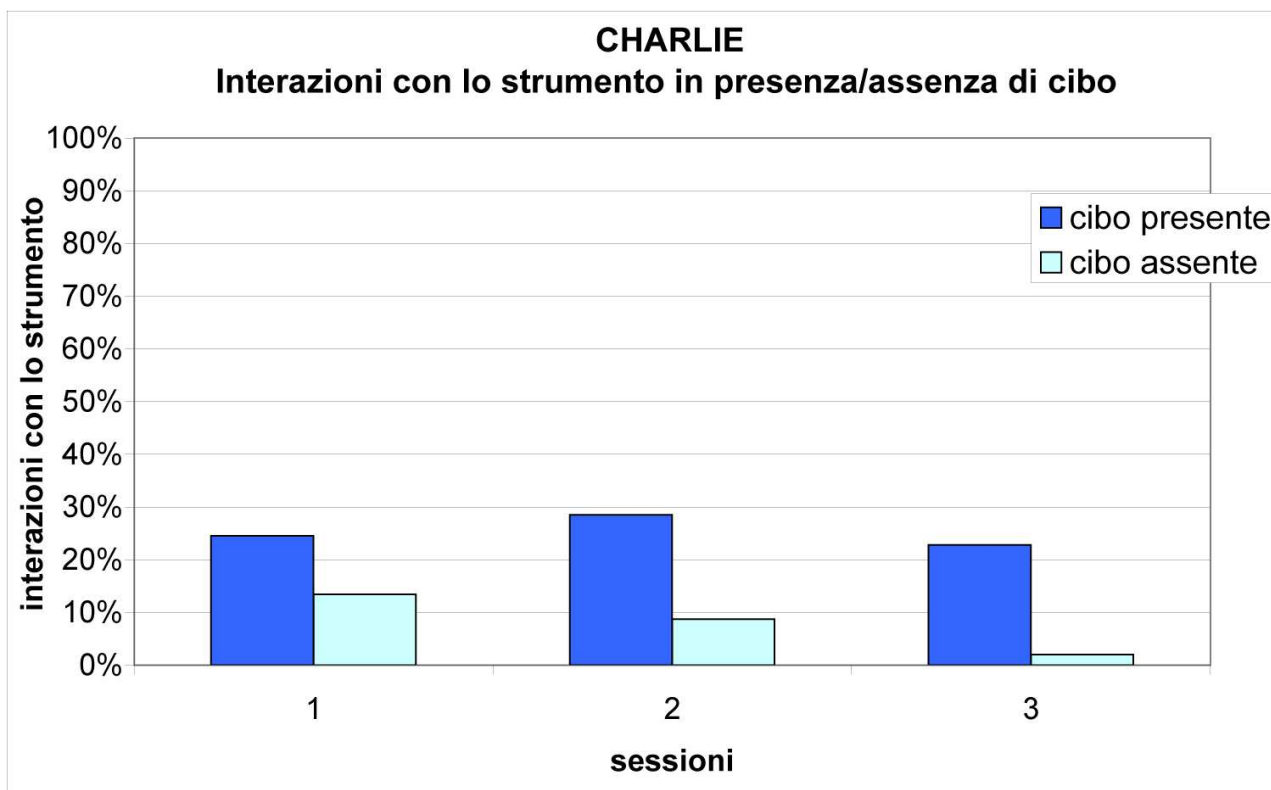


Figura 31. Il grafico rappresenta la % di utilizzo dello strumento nel corso delle sessioni in cui il tubo era alternativamente pieno di yogurt o vuoto

ESPERIMENTO 8 (*Utilizzo di un nuovo strumento e di una nuova sequenza comportamentale*)

Durante gli Esperimenti in cui era necessario utilizzare la bacchetta come strumento per recuperare il cibo posto in un contenitore esterno, il soggetto doveva afferrare lo strumento, estendere il braccio fuori dalla gabbia e, attraverso un movimento di precisione, indirizzare la punta dello strumento sino all'interno del contenitore. Durante l'Esperimento 8 la scimmia doveva sempre impugnare lo strumento ed estendere il braccio all'esterno della gabbia ma anziché effettuare un movimento di precisione doveva raggiungere il cibo posizionando la testa di una paletta in una posizione tale da oltrepassare il pezzetto di cibo e successivamente trascinare lo strumento, e di conseguenza il cibo, sul tavolo sin da poterlo afferrare, come se lo strumento impiegato fosse una sorta di rastrello.

Al contrario, le proprietà tattili del nuovo strumento rimanevano invariate, essendo il manico della paletta di legno e dalle misure identiche rispetto alla bacchetta utilizzata precedentemente.

Scopo dell'Esperimento 8 era quello di osservare come le scimmie interagissero ed utilizzassero un nuovo strumento avvalendosi quindi di una strategia motoria differente rispetto a quella fin ora impiegata.

METODI

Soggetti

I soggetti utilizzati nel corso dell'Esperimento 8 sono Charlie e Piccolo, utilizzati anche negli Esperimenti precedenti.

Apparato

Il compito proposto nell'Esperimento 8 era quello di recuperare pezzetti di cibo avvalendosi di una paletta da croupier di legno. La lunghezza totale dello strumento era di 35 cm, l'impugnatura aveva un diametro di 1 cm mentre la testa della paletta era di 12,5 cm X 4,5 cm. La paletta era agganciata tramite una catena metallica lunga 20 cm ad un tavolo di legno esterno usato anche negli Esperimenti precedenti (vedi Figura 31).



Figura 32. La figura mostra il soggetto mentre utilizza la paletta da croupier per recuperare pezzetti di mela durante lo svolgimento dell'Esperimento 8

Procedure

L'Esperimento era costituito da una sola fase sperimentale (vedi Tabella 8). Il compito che la scimmia doveva svolgere era quello di estendere il braccio all'esterno della gabbia, afferrare la paletta da croupier, posizionare la testa dello strumento in una posizione tale da superare il pezzetto di cibo e poi trascinarlo sul piano di lavoro dello strumento trascinandolo anche, di conseguenza, il cibo (vedi Figura 32).

Tutte le fasi sperimentali sono state eseguite all'interno dello stabulario in cui le scimmie erano ospitate. I soggetti sperimentali erano in contatto uditivo ma non visivo con gli altri conspecifici grazie a due alti pannelli (190 cm x 190 cm) di legno posizionati ai lati della gabbia del soggetto stesso.

Tutte le fasi sperimentali sono state videoriprese con una video camera digitale CANON MVX250i, i filmati sono stati analizzati off-line per valutare la frequenza delle diverse categorie comportamentali.

- **FASE 8-A (*Generalizzazione ad un compito diverso*):** La Fase 8-A era costituita da 3 sessioni sperimentali della durata di 10 minuti intervallate da una pausa di almeno 1,5 ore. Tali sessioni sperimentali si svolgevano in un arco di tempo incluso tra le 9:00 e le 15:00.

TABELLA 8 Esperimento 8 e relativa Fase sperimentale

ESPERIMENTO	FASE	SESSIONI		COMPITO ATTESO DELLA SCIMMIA
		N°	DURATA	
<p>8. <i>Utilizzo di un nuovo strumento e di una nuova sequenza comportamentale</i></p>	<p>8-A Generalizzazione ad un compito diverso</p>	3	10 minuti	<p>Afferrare lo strumento, raggiungere il cibo posizionato sul piano di lavoro, tirare a sé lo strumento per recuperare il cibo</p>

ANALISI COMPORTAMENTALE

Tutte le sessioni sono state videoregistrate e le cassette analizzate da due sperimentatori non ciechi alle Fasi sperimentali.

Nel corso dell'analisi della Fase da 8-A si sono considerate il numero di interazioni corrette che il soggetto metteva in atto utilizzando lo strumento per recuperare il cibo, il numero di interazioni scorrette ed infine il numero di interazioni inadeguate:

Interazioni CORRETTE con lo strumento:

Le inserzioni corrette sono state definite come quei tentativi di recupero del cibo che il soggetto metteva in atto impugnando correttamente lo strumento e avvalendosi quindi del suo manico per recuperare il cibo trascinandolo a sé.

Nel corso del testo e in particolare nei grafici illustrativi, tale categoria comportamentale viene definita semplicemente col termine "SUCCESSO".

Interazioni SCORRETTE con lo strumento:

Le inserzioni scorrette sono state definite come quei tentativi di recupero del cibo che il soggetto metteva in atto impugnando correttamente lo strumento ma senza riuscire a recuperare il cibo. Ciò poteva accadere sia perché il soggetto non estendeva sufficientemente il braccio e quindi lo strumento non riusciva a raggiungere il pezzetto di cibo, sia perché la testa della paletta non veniva posizionata correttamente vicino al cibo.

Nel corso del testo e in particolare nei grafici illustrativi, tale categoria comportamentale viene definita semplicemente col termine "SUCCESSO".

Interazioni INADEGUATE con lo strumento:

Sono state definite interazioni inadeguate quelle interazioni messe in atto impugnando lo strumento dalla testa della paletta anziché dal suo manico.

ANALISI STATISTICA

È stato applicato un Test del Chi - quadrato per valutare la variazione del numero dei tentativi di interazioni effettuate con una presa corretta o scorretta dello strumento. Si voleva infatti stabilire se i soggetti avessero appreso ad usare in modo appropriato la paletta da croupier.

RISULTATI

Nel corso dell' Esperimento 8 (*Utilizzo di un nuovo strumento e di una nuova sequenza comportamentale*) i soggetti hanno dimostrato di poter generalizzare l'utilizzo del nuovo strumento ad un nuovo contesto e compito. Sebbene l'uso dello strumento si sia a volte dimostrato inadeguato, entrambi i soggetti tentavano di utilizzarlo correttamente raggiungendo una percentuale di successo significativa. I tentativi in cui lo strumento veniva utilizzato in modo adeguato erano risultati infatti più numerosi rispetto ai tentativi compiuti con una presa inadeguata (Charlie $\chi^2=27,96$ $p<0,01$; Piccolo $\chi^2=50,75$ $p<0,01$) (vedi Figura 33).

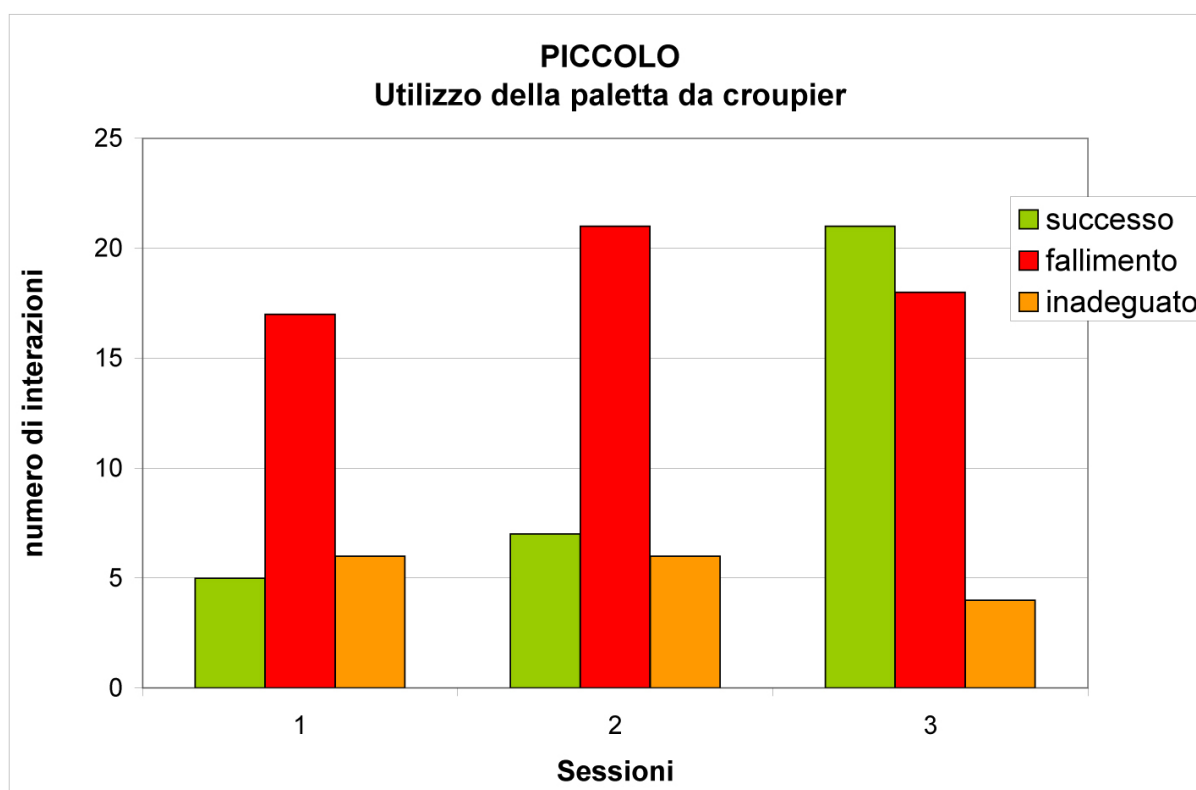
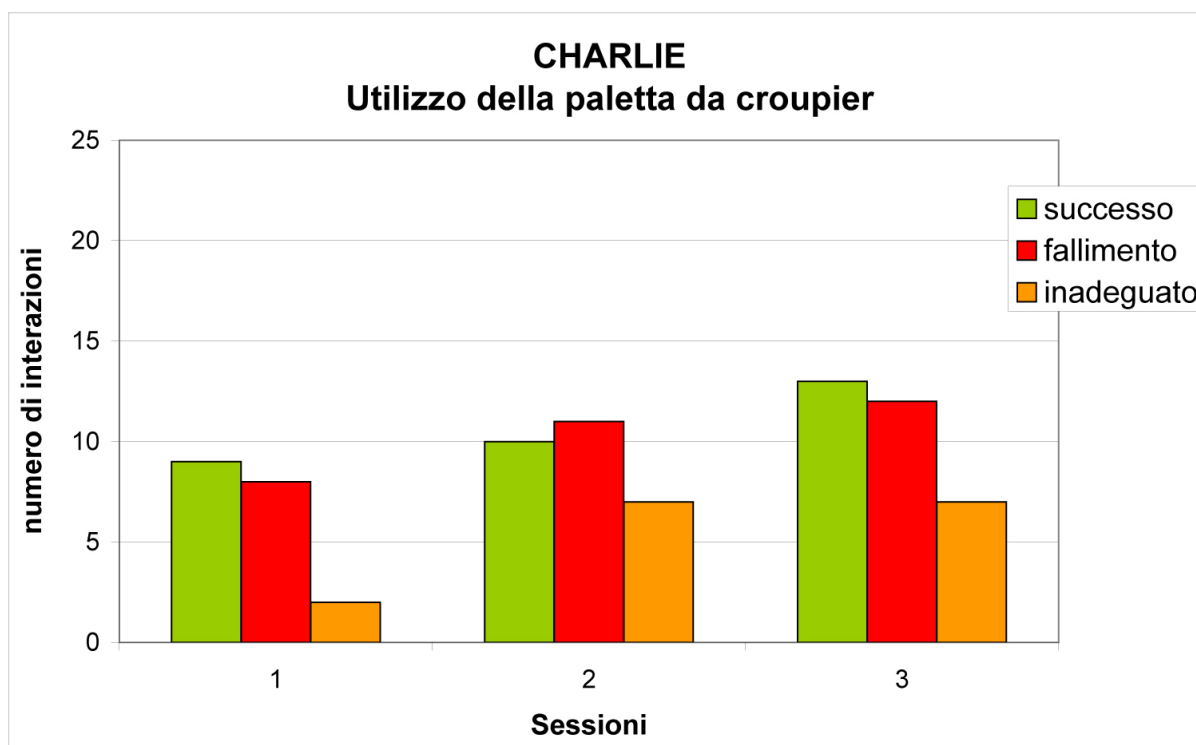


Figura 33. Gli istogrammi rappresentano il numero dei tentativo compiuti dalla scimmia impugnando lo strumento in maniera adeguata (successo), il numero di tentativi di utilizzo dello strumento con una presa adeguata ma che non riuscivano a raggiungere lo yogurt (fallimento) e il numero di tentativi di utilizzo dello strumento con una presa inadeguata (inadeguato) afferrando cioè lo strumento dalla testa. Ogni coppia di istogrammi si riferisce alla frequenza osservata per ciascuna sessione

DISCUSSIONE

In linea con la letteratura (ad esempio, Tokida et al., 1994; Ishibashi et al., 2000; Hihara et al., 2003; Ducoing & Thierry, 2005; Santos et al., 2005), anche i nostri soggetti sperimentali sono stati in grado di apprendere l'utilizzo di uno strumento per recuperare cibo. Infatti, nel corso del 4° Esperimento entrambi i soggetti dimostravano di essere perfettamente in grado di utilizzare la bacchetta, sia che questa fosse stata privata della catena a cui inizialmente era stata agganciata, sia che fosse trovata all'interno della gabbia e dovesse essere portata all'esterno per essere utilizzata. Le scimmie non mostravano nessuna difficoltà nemmeno quando il cibo si trovava collocato non più sul tavolo di lavoro ma bensì su un piedistallo. Ciò indica che i soggetti riuscivano ad impugnare e maneggiare correttamente lo strumento. Il tavolo infatti, quando presente, serviva come base d'appoggio per la scimmia che poteva manipolare, appoggiare e riafferrare lo strumento più volte sino al raggiungimento di una prensione ottimale. Importante sottolineare anche che in tutte e 3 le Fasi (Fase 4-A *Strumento senza catena*, Fase 4-B *Strumento in posizioni diverse*, Fase 4-C *Bicchiere sul piedistallo*) il numero medio di tentativi corretti di recupero del cibo che i soggetti mettevano in atto era significativamente maggiore rispetto alla media dei tentativi scorretti e ciò indica che i soggetti avevano appreso appieno la capacità di utilizzare lo strumento.

Prendendo spunto da un lavoro di Santos e collaboratori (Santos et al., 2005) in cui si era addestrato un gruppo di tamarini dalla chioma di leone (*Saguinus oedipus*) ad utilizzare uno strumento per recuperare cibo e a generalizzare successivamente il suo utilizzo a strumenti di forma, colore e dimensioni diverse, nel corso dell'Esperimento 5 (*Modifica della tipologia di strumento*) abbiamo riproposto un simile compito anche ai nostri soggetti variando il materiale impiegato per la costruzione dello strumento (Fase 5-A *Strumento di materiale diverso*) e la forma dello strumento stesso (Fase 5-B *Strumento di forma diversa*): nella Fase 5-A si era voluto verificare se la scimmia avesse difficoltà ad interagire e quindi utilizzare uno strumento a forma di bacchetta costruita con plexiglass di colore trasparente, lo strumento avrebbe quindi dato ai soggetti stimoli visivi e tattili differenti rispetto alla bacchetta di legno utilizzata negli Esperimenti precedenti. I risultati ci mostrano che anche in questo caso sia Charlie che Piccolo sono riusciti in modo significativo a recuperare il cibo. Al contrario, durante la Fase 5-B il numero medio dei tentativi

corretti di utilizzo dello strumento non si erano discostati dal numero medio di tentativi scorretti in entrambi i soggetti. Lo strumento a disposizione era sì costruito con un materiale familiare (legno) ma era notevolmente più pesante e con un diametro superiore rispetto alla bacchetta di legno. Quello che si era osservato da un'analisi dei comportamenti effettuati era che le scimmie impugnavano correttamente la gruccia ed eseguivano in modo corretto la sequenza motoria utile al recupero del cibo estendendo quindi la mano e il braccio al di fuori della gabbia in direzione del bicchiere ma lo strumento aveva un peso tale da non permettere all'animale di eseguire un movimento preciso nell'inserire lo strumento.

Da quanto riportato sin'ora si evince quindi che i soggetti da noi testati erano in grado di apprendere l'uso di uno strumento (confronta ad esempio con Tokida et al., 1994; Hihare et al., 2003; Santos et al., 2005) e di non avere difficoltà nell'utilizzare strumenti in contesti differenti e costruiti con materiale differente (vedi anche Santos et al., 2005; Hauser 1997, 2002; Ishibashi, 2000 per ulteriori esempi). Partendo da questi risultati ci siamo quindi interrogati sulle capacità di scelta dello strumento nel caso in cui un utensile funzionale fosse stato presentato insieme ad altri non funzionali (Esperimento 6, *Riconoscimento delle caratteristiche funzionali dello strumento*). Da una prima analisi sia Charlie che Piccolo mostravano di essere in grado di discriminare quale tra i 3 strumenti presentati risultasse lo strumento funzionale ed utilizzarlo per recuperare il cibo, discriminando la caratteristica funzionale dello strumento, ovvero la sua lunghezza. I nostri risultati sono avvalorati da uno studio condotto da Santos e collaboratori (Santos et al., 2003). Dai risultati trovati emergeva che anche un gruppo di tamarini (*Saguinus oedipus*) allevati in condizione di cattività all'interno di uno stabulario e con esperienze precedenti di utilizzo di strumenti ed un gruppo di macachi reso (*Macaca mulatta*) cresciuti invece in condizioni di semi-liberà e ospitati presso l'isola di Cayo Santiago, naïve a questo tipi di attrezzi, fossero in grado di distinguere grazie ad una sola visione dell'atto motorio, quale strumento fosse appropriato o non appropriato per la risoluzione del compito. Il metodo applicato per tale valutazione era il metodo della "violazione delle aspettative" sviluppato da Spelke nel 1985 ed utilizzato più volte sia con i bambini (ad esempio Gergely et al., 1995; Csibra et al., 1999) che con i primati non umani (ad esempio Rochat et al., 2008). Il metodo consiste nel presentare al soggetto un evento che ci si aspetti violi le sue aspettative relative al mondo fisico e sociale (Hauser e Carey, 1998), l'idea di base è che la scimmia osservi più a lungo un

evento che non rispecchi le sue aspettative rispetto ad un evento che invece è in linea con quanto il soggetto si attende. I soggetti esaminati da Santos e collaboratori dovevano osservare uno strumento dalla forma di mazza da golf manipolata dallo sperimentatore che colpiva un chicco d'uva facendolo rotolare giù lungo ad una rampa. Questa azione era definita dagli autori un'azione congruente, essendo lo strumento di forma e grandezza adeguata per riuscire efficacemente ad eseguire l'azione. Al contrario, la stessa azione poteva essere realizzata con uno strumento simile ma con una base finale molto stretta e tozza che non consentiva un corretto svolgimento dell'azione. Osservando la durata dello sguardo che le scimmie rivolgevano alle due azioni (congruente vs incongruente) gli autori avevano trovato che i macachi ma soprattutto i tamarini (già coinvolti precedentemente in numerosi esperimenti riguardanti l'uso di strumenti) osservavano con maggior frequenza l'azione eseguita con uno strumento non appropriato. Sembravano quindi in grado di cogliere le differenze di funzionalità degli strumenti anche se con essi i soggetti non avevano mai interagito direttamente ma ne avevano solo osservato l'azione e il suo risultato. Il risultato trovato da Santos e collaboratori è supportato da quanto riscontrato da Ferrari e collaboratori (Ferrari et al., 2005b): un particolare gruppo di neuroni mirror, individuati studiando la zona F5 del cervello di macaco, si attivano quando il soggetto osserva uno sperimentatore eseguire un'azione con uno strumento familiare alla scimmia, anche se questa non aveva mai attuato in prima persona l'azione stessa.

Un'analisi più approfondita effettuata su i due soggetti sperimentali, ed eseguita per valutare quale fosse lo strumento utilizzato per primo per tentare di recuperare il cibo tra quelli messi a disposizione, ha messo in evidenza però come entrambi i soggetti effettuassero inizialmente una scelta casuale non afferrando mai per primo lo strumento che in quella sessione risultava essere funzionale al compito. La scelta sembrava quindi avvenire applicando una strategia per tentativi ed errori. Ishibashi e collaboratori (Ishibashi et al., 2000) hanno testato un gruppo di macachi giapponesi (*Macaca fuscata*) al recupero di cibo utilizzando una paletta da croupier. Una volta appreso il compito, gli stessi soggetti sono stati posti di fronte a 3 strumenti, aventi forma simile a quello utilizzato durante l'addestramento ma di lunghezza differente, uno solo dei quali adeguati al raggiungimento del cibo. Nessuna delle scimmie testate era stata in grado di scegliere immediatamente lo strumento adeguato. Uno studio simile era stato condotto da Visalberghi e Trinca (1989) su un gruppo di cebi

(*Cebus apella*): posti di fronte ad un tubo di plexiglass trasparente posizionando orizzontalmente i soggetti dovevano utilizzare un bastone per spingere verso l'esterno una nocciolina collocata a metà del tubo. I soggetti non mostravano particolari difficoltà nel risolvere il compito quando l'attrezzo da utilizzare era uno solo. In una fase successiva i soggetti sono stati muniti di un attrezzo che doveva essere costruito per poter raggiungere il cibo, ovvero 3 piccoli pezzetti di legno dovevano essere tutti spinti in successione all'interno del tubo per poter ottenere il cibo. Tutti i soggetti testati, di fronte a questa nuova condizione sperimentale, tentavano di utilizzare 1 solo pezzetto di legno, che risultava però troppo corto per poter essere funzionale.

Tokida e collaboratori (Tokida et al., 1994) hanno ottenuto un risultato simile saggiando un gruppo di macachi giapponesi (*Macaca fuscata*) addestrati ad utilizzare un bastone per recuperare cibo da un tubo di plexiglass orizzontale. Le scimmie tendevano più volte ad utilizzare uno strumento troppo corto e non funzionale nonostante fossero state precedentemente addestrate ad utilizzare uno strumento appropriato al compito.

Per verificare ulteriormente la capacità del soggetto Charlie nell'apprendere le caratteristiche funzionali di uno strumento abbiamo consegnato all'animale diversi oggetti con caratteristiche diverse rispetto allo strumento utile per raggiungere il cibo, nello specifico 1 sfera di 5 cm di diametro ed un pezzetto di legno di 5 cm di lunghezza e 3 cm di larghezza. Nonostante gli utensili fossero completamente privi di funzionalità e la loro lunghezza non fosse superiore a quella del palmo della sua mano, Charlie tentava comunque di recuperare il cibo estendendo il braccio al di fuori della gabbia. L'errore di utilizzare strumenti troppo corti come anche strumenti non funzionali come sfere, cubi o nastri di plastica era stato osservato anche da Visalberghi e Trinca (1989).

I risultati ottenuti da questi esperimenti citati, condotti su macachi e cebi e tamarini, sono in linea con quanto trovato nei nostri soggetti: sembra che tutti siano in grado di utilizzare uno strumento funzionale per recuperare il cibo quando tale strumento viene presentato singolarmente, ma al contrario quando gli strumenti sono presentati in numero multiplo e vi è una scelta da compiere tra funzionale e non funzionale i soggetti appaiono arrivare ad una soluzione solo grazie a prove per tentativi ed errori.

Diverse sono le possibili spiegazioni che potrebbero aiutare ad interpretare tale risultato nei nostri soggetti: innanzitutto le scimmie potrebbero aver generalizzato l'uso del singolo strumento avvenuto nella fasi precedenti dell'Esperimento senza analizzare invece quali fossero le caratteristiche del nuovo compito proposto e di conseguenza quale strumento fosse meglio utilizzare. I soggetti potrebbero inoltre essere incapaci nel comprendere quali sono le caratteristiche che rendono funzionale uno strumento, o mancare di comprensione dei requisiti necessari per la corretta risoluzione del compito. Tali errori sono stati osservati anche nei cappuccini (Visalberghi e Limongelli, 1994), negli scimpanzé (Köhler, 1976), nei gorilla (Yerkes 1927 a-b) e nei bambini (Visalberghi e Troise 1991; Visalberghi, 1993). Ma mentre scimpanzé (al di sopra di 5 anni di età) e bambini (al di sopra dei 2 anni) riescono ad apprendere velocemente quale sia lo strumento più utile per la risoluzione del compito (cioè siano apparentemente in grado di comprendere che uno strumento corto è inservibile per raggiungere lo scopo), le scimmie non antropomorfe (macachi e cappuccini) non ne sono capaci. I soggetti da noi testati sembrano in grado di comprendere che per risolvere il compito è necessario l'uso dello strumento ma non riescono a cogliere quali siano le caratteristiche adatte che lo strumento dovrebbe avere per poter arrivare alla risoluzione del compito. Si è osservato che gli scimpanzé e i bambini prima imparano ad utilizzare lo strumento per recuperare cibo, successivamente imparano quali caratteristiche lo rendono funzionale o meno al compito e successivamente capiscono le conseguenze dell'azione da loro eseguita (Visalberghi e Troise 1991; Visalberghi, 1993).

La comprensione causale non è un fenomeno presente o assente ma è una capacità che aumenta e si rafforza durante lo sviluppo dell'individuo e nelle scimmie non antropomorfe tale sviluppo cognitivo sembra non essere stato ancora raggiunto.

L'errore di utilizzare strumenti non adeguati al raggiungimento dello scopo è analogo a quello commesso dai bambini di 12-18 mesi (Bates, 1979) nel 5° stadio dello sviluppo senso motorio di Piaget. A questa età i bambini scoprono che un bastone può essere usato per recuperare un oggetto lontano e che tale strumento può sostituire quindi la loro mano e il loro braccio. Successivamente in un'età compresa tra i 18 e i 21 mesi, nel 6° stadio dello sviluppo sensomotorio, i bambini sono capaci di scegliere quale strumento utilizzare tra i diversi proposti, in base alle caratteristiche di lunghezza, maneggiabilità e rigidità, e quindi di scegliere uno

strumento appropriato. All'età di 2 anni i bambini mostrano inoltre una diminuzione dei tentativi di risoluzione dei compiti grazie ad una strategia per tentativi ed errori.

Nella Fase 6-A (*Scelta tra diversi strumenti*) i soggetti, specialmente il Piccolo, hanno compiuto tentativi ripetuti di utilizzo degli strumenti non adeguati alla risoluzione del compito, spesso lasciando lo strumento adeguato per esplorare, mordere e utilizzare un altro strumento invece non funzionale. Il fatto che spesso lo strumento funzionale venisse scartato e che un altro strumento non adatto venisse utilizzato con lo scopo di raggiungere l'obiettivo previsto, fa supporre che le capacità cognitive dei nostri soggetti non raggiungano il 6° stadio dello sviluppo sensomotorio Piagetiano.

McGrew (1989) ha mostrato come l'utilizzo degli strumenti nelle scimmie antropomorfe non correli con il loro habitat terrestre, la struttura sociale o con la loro distanza filogenetica che li separa dall'uomo ma vi è una correlazione invece tra l'utilizzo degli strumenti e la quantità di proteine animali presenti nella loro dieta. Anche studi in natura effettuati sui cappuccini mostrano come la loro dieta includa una grande quantità di proteine animali derivanti da insetti, lucertole, uccelli e piccoli mammiferi (Terborgh 1983; Fedigan 1990) e numerosi studi ci indicano come questa specie sia unica nella sua propensione ad utilizzare strumenti se comparata con altre specie di scimmie antropomorfe (vedi Antinucci e Visalberghi 1986; Costello 1987, Fragaszy e Visalberghi 1989; Visalberghi e Trinca 1987; Westergaard e Fragaszy 1985, 1987; Fragaszy et al., 2004). Al contrario la dieta dei macachi (*Macaca nemestrina*), è composta per il 74% da frutti, fiori, foglie, semi, germogli, erba, radici, cortecce che possono venire integrati a volte con alcuni insetti (Crockett e Wilson 1980; Caldecott, 1986).

Se accettiamo l'ipotesi di McGrew questo potrebbe essere uno dei motivi per cui i macachi, e di conseguenza i soggetti da noi testati, non mostrano una propensione ad utilizzare strumenti.

Nell'Esperimento 7 (*Generalizzazione dell'uso di strumenti in diversi compiti*) in cui ai soggetti era richiesto di utilizzare lo strumento bacchetta per recuperare cibo da un tubo posto internamente alla gabbia nessuno dei soggetti aveva avuto successo. Il loro comportamento però suggerisce che il collegamento tra mezzo (lo strumento) e fine (lo yogurt) fosse a loro ben chiaro, anche se non manifestato in modo corretto: ciò che si osservava infatti era che il soggetto Charlie tentava a volte di replicare gli stessi movimenti di recupero del cibo estendendo il braccio e lo strumento all'esterno della gabbia come per cercare di raggiungere di nuovo un

barattolo esterno che però non era più presente, ripetendo quindi una strategia motoria già acquisita. Piccolo al contrario aveva tentato più volte di inserire lo strumento nel tubo ma senza successo a causa di una scarsa precisione dei movimenti di inserzione dello strumento e della stretta imboccature che il contenitore presentava. Nel corso della Fase 7-B, dove ai soggetti era stata suggerita parte della sequenza motoria necessaria per terminare il compito, entrambe le scimmie sono state in grado di portare a termine con successo il compito. Le tecniche utilizzate dai due animali però erano completamente differenti: Charlie portava con una mano la punta della bacchetta vicino all'imboccatura del bicchiere e con l'altra sollevava la bacchetta stessa, facendola quindi entrare nel bicchiere. Piccolo invece impugnava la bacchetta come se fosse stata una matita e la dirigeva cautamente all'imboccatura del bicchiere facendola poi cadere al suo interno. È interessante notare come lo stesso tipo di suggerimento fosse già stato fornito durante il corso dell'Esperimento 1 (Fase 1-B *Familiarizzazione*) prima che avvenisse uno specifico addestramento. In tale situazione però l'aiuto dello sperimentatore era risultato completamente inefficace. I risultati dell'Esperimento indicano che il suggerimento di parte dell'atto motorio non facilita necessariamente la costruzione di un programma d'azione adeguato, i nostri soggetti infatti non erano stati in grado di cogliere il suggerimento durante la fase 1-B, ma quando l'azione fa già parte del repertorio comportamentale dell'animale un suggerimento dell'atto motorio può invece riportarlo alla luce come osservato nella Fase 7-B (*Facilitazione alla produzione di un atto motorio diverso con lo stesso strumento*).

Il risultato della Fase 7-A (*Utilizzo dello strumento nel nuovo compito*) e 7-B (*Facilitazione alla produzione di un atto motorio diverso con lo stesso strumento*) indica quindi che l'esperienza sensorimotoria non facilita necessariamente la costruzione di un programma d'azione adeguato ma può favorirne la riattivazione quando esso faccia già parte del repertorio comportamentale dell'animale.

Raggiungere infatti il cibo fuori dalla gabbia estendendo il braccio all'esterno o recuperare il cibo alzando la spalla e l'avambraccio per intingere invece lo strumento in un contenitore posto all'interno della gabbia necessitano ovviamente di strategie e quindi sequenze motorie differenti ma sono identiche per quanto riguarda la finalità dell'azione, ovvero quella di recuperare cibo da un contenitore tramite l'utilizzo di una bacchetta.

Possiamo quindi concludere che, se l'associazione cibo-strumento non è efficace in una fase in cui il soggetto non ha ancora appreso, e quindi interiorizzato

nel proprio programma motorio, la messa in atto corretta del compito (Esperimento 1 - Fase 1-B, *Familiarizzazione*), tale associazione è invece favorita nel momento in cui tale capacità è stata acquisita, ed è utile per la risoluzione di un compito diverso dal punto di vista motorio ma che mantiene uno scopo identico (Esperimento 7 - Fase 7-B, *Facilitazione alla produzione di un differente atto motorio*).

Le capacità di generalizzazione discusse sin qui aprono alcuni interrogativi rispetto ai processi cognitivi sottostanti. Una “comprensione” dello strumento come mezzo, infatti, ne implicherebbe un utilizzo flessibile e limitato alle situazioni in cui il raggiungimento del cibo sia consentito dalle caratteristiche del contesto (Goodall, 1986; Parker e Gibson, 1977): è quindi indispensabile che il cibo sia presente e che lo strumento possenga le caratteristiche che lo rendono funzionale allo scopo. In base a questa definizione, i tentativi di utilizzo di uno strumento quando tali condizioni vengono a mancare sarebbero a sostegno dell'ipotesi che i soggetti abbiano appreso ad eseguire una serie di atti motori finalizzati grazie ad un condizionamento e non abbiano invece compreso i nessi causa-effetto implicati nel compito. Per verificare tale ipotesi nella Fase 7-D (*Utilizzo dello strumento in presenza/assenza di cibo*) sono state effettuate alcune sessioni sperimentali in cui il bicchiere agganciato all'interno della gabbia era alternativamente vuoto o riempito di yogurt. Ciò che si è osservato è che le scimmie vi inserivano la bacchetta anche in assenza di cibo anche se, come prevedibile, tale comportamento tendeva a ridursi col succedersi delle sessioni in quanto non rinforzato. Col succedersi delle sessioni, quindi, la scimmia imparava a distinguere le situazioni in cui all'inserimento dello strumento sarebbe seguito il raggiungimento del cibo da quelle in cui un comportamento identico non avrebbe invece portato a tale risultato. Tuttavia, la frequenza di inserimento dello strumento durante la prima sessione col bicchiere vuoto, simile a quella registrata durante la prima sessione in cui il cibo era invece presente, è indicativa dell'incapacità iniziale della scimmia di riconoscere lo strumento esclusivamente nel contesto adeguato in cui utilizzare lo strumento. Questo dato potrebbe indicare quindi che l'inserzione dello strumento nel bicchiere fosse, ad un certo punto, diventata automatica e quindi eseguita per un condizionamento e non per una reale comprensione dei nessi causa effetto. Era come se le scimmie associassero il solo utilizzo dello strumento e la sua inserzione all'interno del contenitore all'ottenimento del cibo. A sostegno di questa ipotesi vi sono le osservazioni sperimentali della Fase 6-A (*Scelta tra diversi strumenti*) dove si

registrano tentativi di raggiungimento del cibo indipendentemente dall'oggetto a disposizione (funzionale-non funzionale) (Charlie aveva tentato di raggiungere il cibo utilizzando anche oggetti come un cubo o una sfera). Sembrerebbe quindi che, una volta acquisito il programma d'azione, la presenza del bicchiere e di un oggetto nelle vicinanze costituiscano una condizione sufficiente per mettere in atto tale programma, a prescindere da quelle che sono le caratteristiche del contesto e dello strumento che dovrebbero invece suggerire la possibilità di raggiungere o meno l'obiettivo.

Nel corso dell'Esperimento 8 (*Utilizzo di un nuovo strumento e di una nuova sequenza comportamentale*) ai soggetti era stato invece richiesto di servirsi di una paletta da croupier per recuperare del cibo. I risultati mostrano che, in linea con quanto discusso nell'Esperimento 7, i soggetti non sono stati in grado inizialmente di generalizzare l'utilizzo dell'utensile che richiedeva l'impiego di un differente atto motorio ma ciò è stato facilitato in una Fase successiva grazie ad un suggerimento di parte della sequenza motoria. Per apprendere appieno l'utilizzo di questo nuovo strumento ed arrivare ad una percentuale di successo del 100% è stato sufficiente 1 sola ora di training in cui il cibo veniva posto tra la testa dello strumento e la scimmia stessa di modo tale che questa imparasse a tirare a sé lo strumento e a mangiare: al contrario, per apprendere l'uso della bacchetta erano stati necessari 45 giorni. Ciò potrebbe essere stato favorito sia dal fatto che l'atto motorio richiesto per recuperare cibo con la paletta fosse simile a quello richiesto per utilizzare la bacchetta (estendere quindi il braccio, dirigerlo verso la fonte di cibo per poi recuperarlo), sia perché l'impugnatura della paletta era identica a livello visivo e tattile alla bacchetta sin'ora usata, sia perché il movimento di recupero del cibo non richiedeva un movimento così preciso come invece richiesto se si fosse utilizzato la bacchetta. Ducoing e Thierry (2005) avevano addestrato un gruppo di scimmie (*Macaca tonkeana*) ad utilizzare una pertica per recuperare cibo, compito che autonomamente non erano riuscite a portare a termine nonostante l'osservazione di un conspecifico dimostratore. Gli stessi soggetti erano poi stati osservati nei mesi successivi mentre utilizzavano una bacchetta per esplorare la rete metallica che circondava il loro recinto. Tale comportamento sorprese gli autori perché nei 15 anni precedenti non era mai stato osservato prima. Gli autori sostengono che l'addestramento potrebbe quindi aver aumentato la capacità di utilizzo degli strumenti nei soggetti da loro studiati.

Anche Tokida e collaboratori (Tokida et al., 1994) hanno osservato un gruppo di macachi del Giappone (*Macaca fuscata*) precedentemente addestrati ad utilizzare

una bacchetta per estrarre cibo da un tubo, servirsi di sassi per ottenere lo stesso scopo quando le bacchette non erano più disponibili nell'ambiente. Tale comportamento era però stato osservato solo in quei soggetti capaci di risolvere il compito con il primo strumento, nessun'altra scimmia naïve era infatti stata in grado di replicare tale comportamento.

Questi esempi, insieme con i nostri risultati sono a sostegno dell'ipotesi che una precedenza esperienza con l'utilizzo di uno strumento possa essere utile se non essenziale per l'acquisizione dell'utilizzo di un nuovo utensile.

Terza parte dello studio

L'Esperimento 1 ha messo in luce un'incapacità dei nostri soggetti sperimentali nell'utilizzare una bacchetta per recuperare il cibo non direttamente raggiungibile. Il compito poteva sembrare apparentemente semplice dal momento che in letteratura compaiono molti esempi di utilizzo spontaneo di questo strumento per recuperare il cibo: Zuberbühler (Zuberbühler et al., 1996) ad esempio aveva osservato un maschio di *Macaca fascicularis*, tenuto in condizioni di cattività, raggiungere spontaneamente una mela caduta al di fuori della recinzione della gabbia, utilizzando un bastone di legno, comportamento messo in atto nei mesi successivi anche da altri tre individui maschi facenti parti del gruppo.

Oyen (Oyen, 1979) aveva invece documentato l'uso spontaneo di un bastone per estrarre dal terreno alcuni sassi in un esemplare adulto di babbuino verde (*Papio anubis*) ospitato presso il Parco Nazionale di Nairobi e Westergaard (Westergaard, 1988) aveva registrato l'uso spontaneo, da parte di alcuni esemplari di Macaco sileno (*Macaca silenus*), di una bacchetta per recuperare cibo da un apparato appositamente costruito. Un tentativo di replica da parte di Westergaard con tre esemplari di Mandrilli (*Mandrillus sphinx*) non ha portato però ai medesimi risultati, indicando probabilmente che il compito non era di così semplice soluzione da permettere a tutte le scimmie non antropomorfe di raggiungere spontaneamente l'acquisizione dell'uso di tale strumento.

Analizzando gli esperimenti condotti da Iriki e collaboratori (ad esempio, Ishibashi et al., 2000) sembrerebbe che l'utilizzo di una paletta da croupier come strumento per raggiungere il cibo sia una capacità acquisibile velocemente grazie ad un iniziale training. Quattro soggetti facenti parte di un gruppo di macachi (*Macaca mulatta*) da loro studiati, dopo un iniziale tentativo di raggiungere il cibo estendendo completamente il braccio e la mano in direzione del cibo, avevano iniziato spontaneamente ad utilizzare lo strumento per attirare a se il cibo. Gli autori ammettono tuttavia che tale comportamento si manifestava in modo molto stereotipato, infatti se il cibo veniva spostato lateralmente rispetto alla scimmia e non più posizionato tra la testa della paletta e il corpo del soggetto nessuna delle scimmie testate era in grado di recuperare il cibo. Le scimmie diventavano però sempre più esperte nell'utilizzo di tale strumento man mano che le sessioni di training proseguivano. Il risultato iniziale comunque sembra apparire importante, infatti i soggetti riescono comunque a recuperare il cibo dopo pochissime sessioni di

addestramento, anche se in modo stereotipato, facendo apparire la paletta da croupier uno strumento almeno in apparenza semplice da usare. La paletta infatti necessita solo di un movimento di estensione del braccio e trascinamento del cibo sul piano di lavoro e la parte terminale dello strumento, la testa, era di una dimensione notevolmente maggiore rispetto alla grandezza del cibo utilizzato (uva passa o cubetti di mela di 1cm x 1 cm). L'utilizzo della bacchetta richiedeva invece un movimento molto preciso dal momento che la punta dello strumento di solo 1 cm di diametro doveva essere inserita all'interno di un contenitore, posto lontano dal corpo, con una imboccatura relativamente stretta. Considerando che i macachi sembrano quindi poter acquisire velocemente l'uso di una paletta da croupier e che, come già discusso precedentemente, i nostri esperimenti precedenti (Esperimento 2) indicano che i soggetti osservatori potrebbero trarre un beneficio, anche se limitato, dalla dimostrazione di un soggetto in grado di mostrare il corretto utilizzo dello strumento (*stimulus enhancement, local enhancement e response facilitation*), abbiamo sviluppato un ulteriore Esperimento per valutare le modalità e la frequenza di interazione in un gruppo di scimmie nell'utilizzare uno strumento a forma di paletta da croupier dopo averne osservato l'utilizzo da parte di un conspecifico dimostratore.

ESPERIMENTO 9 (*Interazione con un nuovo strumento*)

Scopo dell'Esperimento 9 era quello osservare le spontanee interazioni con un nuovo strumento (paletta da croupier) da parte di un gruppo di macachi naïve a seguito dell'osservazione di una scimmia dimostratrice.

METODI

Soggetti

In una prima fase sperimentale è stato utilizzato come dimostratore lo stesso esemplare di *Macaca nemestrina* (Charlie) usato negli esperimenti precedenti. Le scimmie osservatrici erano 6 esemplari maschi di *Macaca mulatta* dell'età di 5 anni al momento dell'Esperimento. In una seconda fase invece è stato utilizzato come dimostratore il soggetto Piccolo. In questo caso le scimmie osservatrici erano tre esemplari maschi di *Macaca mulatta* dell'età di 7 anni al momento dell'Esperimento.

Tutti i soggetti erano ospitati presso la Sezione Primati del Dipartimento di Neuroscienze dell'Università di Parma. Le condizioni di stabulazione erano identiche a quelle descritte per i soggetti Charlie e Piccolo negli Esperimenti precedenti.

Il ricorso ad animali osservatori appartenenti allo stesso genere (*Macaca*) ma ad una specie differente (*mulatta*) rispetto alla scimmia dimostratrice (*nemestrina*) non presenta, sulla base di un esame dei dati in letteratura, problemi a livello teorico. Gli aspetti più rilevanti quando si tratta di favorire l'interazione tra individui sono probabilmente le modalità comunicative e quegli aspetti del comportamento riconducibili alla sfera sociale: differenze marcate in questo senso potrebbero generare eccessiva ostilità o disinteresse nei confronti dell'altro, interferendo con l'esito degli esperimenti. I dati disponibili in letteratura indicano che nell'ambito del genere *Macaca*, ed in particolare per le due specie considerate, sono molto simili i segnali di dominanza e sottomissione mentre sono presenti differenze nella ricchezza del repertorio di gesti affiliativi (ad esempio il "pucker face" è più frequenti in *Macaca nemestrina*) (Maestripieri e Wallen 1997; Maestripieri 1996a; Maestripieri, 2003). Gli autori, in generale, tendono piuttosto a sottolineare le marcate differenze che esistono all'interno del genere *Macaca* nei rapporti tra i sessi e nei gesti affiliativi e comunicativi tra maschi e femmine, anche all'interno delle singole specie (Tomasello e Call, 1997).

Apparato

L'apparato sperimentale prevedeva l'utilizzo di due piani di lavoro di legno (70 cm x 40 cm ciascuno) posizionati all'esterno della gabbia. I tavoli erano i medesimi utilizzati anche negli Esperimenti precedenti. I due piani di lavoro risultavano speculari rispetto al loro lato corto e posizionati contro la gabbia di ciascuna scimmia sempre dalla parte del lato corto. La gabbia del dimostratore veniva collocata di fronte a quella della scimmia osservatrice, e il tavolo posizionato tra le due. Ciascun piano di lavoro presentava due fori (cm 1,5 di diametro): uno a 57 cm di distanza dalla gabbia (e pertanto non raggiungibile direttamente dalla scimmia), e l'altro a 34 cm. Quest'ultimo permetteva all'animale di raggiungere e recuperare piccoli pezzetti di mela sospinti dal basso dallo sperimentatore attraverso il foro mediante una siringa modificata. Il foro più distante, invece, consentiva di presentare il cibo ad una distanza raggiungibile solo mediante lo strumento (vedi Figura 34).

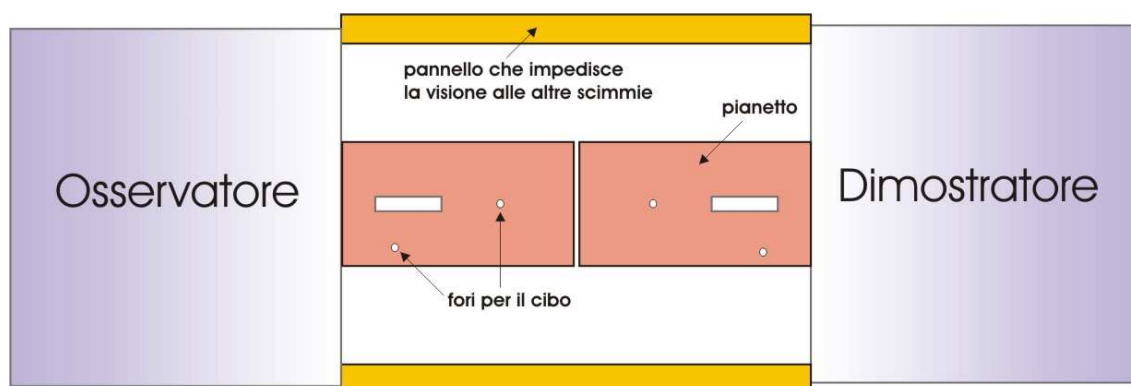


Figura 34. Visione dall'alto della disposizione di gabbie e piani durante l'esperimento 3

Su ogni tavolo, agganciato ad esso tramite una catena metallica di 20 cm, vi era una paletta da croupier lunga 35 cm, l'impugnatura aveva un diametro di 1 cm mentre la testa era di 12,5 cm x 4,5 cm (vedi Figura 35).



Figura 35. La figura mostra la paletta da croupier fornita ai soggetti durante l'Esperimento 9

Per oscurare la vista dell'apparato agli altri soggetti ospitati all'interno dello stabulario, venivano affiancati alla gabbia e ai tavoli di lavoro due altri pannelli di legno (190 cm x 190 cm).

Procedure

Al momento dell'Esperimento nessuna scimmia (ad esclusione del dimostratore) aveva mai manipolato o visto utilizzare alcuno strumento: durante gli Esperimenti precedenti, ogni animale era stato testato individualmente e grazie all'utilizzo dei medesimi pannelli sopra citati poteva osservare il dimostratore solo durante le sessioni sperimentali a cui era sottoposto. Durante tutte le Fasi lo sperimentatore, presente all'interno dello stabulario, rimaneva fuori dalla vista dei due soggetti sperimentali, dietro uno dei pannelli, affinché osservatore e dimostratore non fossero troppo distratti dalla sua presenza, necessaria tuttavia per somministrare il cibo. Due piccole aperture nel pannello consentivano allo sperimentatore di inserire il cibo nel foro facendo passare il proprio braccio al di sotto del piano di lavoro senza essere visto e di controllare la comparsa del cibo su di esso.

In ogni singola Fase sperimentale al dimostratore veniva fornito un pezzetto di mela ogni 15 secondi circa: il cibo compariva dal foro più vicino e quindi raggiungibile dalla scimmia con la mano durante le Fasi sperimentali in cui non doveva svolgere la sua funzione di dimostratore o più lontano e quindi raggiungibile solo attraverso lo strumento se al contrario si trovava nella Fase in cui doveva svolgere l'azione di recupero del cibo con lo strumento. Per tutta la durata di ciascuna Fase quindi la scimmia dimostratrice riceveva cibo e mangiava, mantenendo in questo modo costante uno stimolo che già altri studi hanno dimostrato in grado di favorire il comportamento alimentare delle scimmie che osservano (ad esempio, Fragaszy e Visalberghi, 1990, 2004; Ferrari et al., 2005).

Tutte le fasi sperimentali sono state videoriprese con una videocamera digitale CANON MVX250i, i filmati sono stati analizzati off-line per valutare la frequenza delle diverse categorie comportamentali.

L'Esperimento è stato suddiviso in 5 Fasi (vedi Tabella 9), in ognuna il compito che la scimmia doveva eseguire consisteva nell'afferrare la paletta da croupier posizionata all'esterno della gabbia sul tavolo di lavoro, estendere il braccio e dirigere lo strumento verso la fonte di cibo (pezzetti di mela o uva passa), una volta raggiunto il cibo la scimmia avrebbe dovuto trascinare a sé lo strumento come se fosse stato un rastrello e recuperare quindi il cibo.

Come già detto precedentemente, nelle prime Fasi dell'Esperimento (da 9-A a 9-E) vi era sempre la presenza del soggetto dimostratore. Questo perché alcuni studi hanno dimostrato che osservare un conspecifico mangiare aumenta la probabilità di

intraprendere la stessa azione nel soggetto osservatore (ad esempio, Frigaszy e Visalberghi, 1990, 2004; Ferrari et al., 2005). Per far sì che i soggetti sperimentali fossero quindi più propensi all'utilizzo dello strumento, il soggetto dimostratore veniva sempre posizionato di fronte alla scimmia osservatrice in tutte le Fasi sperimentali, al soggetto dimostratore veniva data quindi la possibilità di mangiare un pezzetto di mela ogni 30 secondi per tutta la durata della sessione.

- FASE 9-A (*Baseline*): Lo scopo di questa fase era quello di valutare le modalità e la frequenza di interazione della scimmia con lo strumento a lei presentato per la prima volta. Di fronte alla scimmia vi era collocato anche il soggetto dimostratore che in questa Fase non utilizzava lo strumento, ma mangiava pezzetti di mela sospinti dallo sperimentatore attraverso il foro del pianetto più vicino a lei e quindi raggiungibili con la mano.

La Fase 9-A era costituita da 10 sessioni sperimentali della durata di 10 minuti ciascuna. Il soggetto era sottoposto ad un numero di 3 sessioni giornaliere intervallate da una pausa di almeno 1,5 ore. Tali sessioni sperimentali si svolgevano in un arco di tempo incluso tra le 9:00 e le 15:00.

- FASE 9-B (*Esposizione ad un dimostratore che utilizza la paletta da croupier*): In questa Fase il soggetto dimostratore aveva la possibilità di mostrare il corretto utilizzo dello strumento, raggiungendo il cibo tramite una completa estensione del braccio e recuperandolo attraverso un movimento di trascinamento. Il dimostratore posizionato esattamente di fronte al soggetto osservatore, era sottoposto ad un numero di 5 sessioni della durata di 10 minuti ciascuna. Il compito del soggetto osservatore era semplicemente quello di osservare l'azione corretta per lo stesso numero di sessioni sperimentali della medesima durata. Il soggetto era sottoposto ad un numero di 3 sessioni giornaliere intervallate da una pausa di almeno 1,5 ore. Tali sessioni sperimentali si svolgevano solitamente in un arco di tempo incluso tra le 9:00 e le 15:00.
- FASE 9-C (*Osservazione - interazione differita*): Durante questa Fase si sono volute valutare le interazioni del soggetto sperimentale a seguito dell'osservazione di un conspecifico che utilizzava correttamente lo strumento per recuperare cibo. La scimmia osservatrice poteva infatti interagire con lo strumento solo dopo aver assistito alla performance del dimostratore (Charlie o Piccolo). Quest'ultimo eseguiva l'azione 20 volte in 10 minuti (1 volta ogni 30

secondi circa) assumendo una posizione frontale di modo tale da poter essere ben visibile dalla scimmia osservatrice. Il compito del dimostratore era quello di afferrare lo strumento appoggiato sul tavolo, raggiungere un pezzetto di cibo tramite completa estensione del braccio, trascinarlo a se attraverso lo strumento, e mangiare il cibo ottenuto. Dopo tale prova il soggetto dimostratore veniva rimosso e non compariva più di fronte al soggetto, la sua gabbia infatti veniva collocata in un punto dello stabulario non visibile alla scimmia osservatrice.

Dopo 5 minuti di pausa veniva presentato alla scimmia osservatrice l'apparato sperimentale con cui aveva la possibilità di interagire liberamente per una durata di 10 minuti. La scimmia poteva quindi afferrare lo strumento appoggiato sul tavolo, estendere il braccio per raggiungere il cibo grazie all'utilizzo della paletta, eseguire un movimento di trascinamento del cibo stesso e mangiare. Tale procedura è stata messa in atto per valutare se l'osservazione di un conspecifico potesse facilitare la messa in atto del comportamento corretto di utilizzo dello strumento da parte della scimmia osservatrice.

La Fase 9-C era costituita da 10 sessioni sperimentali della durata totale di 25 minuti ciascuna così suddivise: 10 minuti di osservazione del dimostratore, 5 minuti di pausa, 10 minuti di interazione con lo strumento da parte del soggetto osservatore. Il soggetto era sottoposto ad un numero di 3 sessioni giornaliere intervallate da una pausa di almeno 1,5 ore. Tali sessioni sperimentali si svolgevano solitamente in un arco di tempo incluso tra le 9:00 e le 15:00.

- FASE 9-D (*Osservazione - interazione simultanea*): In questa Fase si sono volute valutare le interazioni del soggetto sperimentale con lo strumento mentre un dimostratore svolgeva simultaneamente l'attività corretta di recupero del cibo, il soggetto osservatore aveva anch'esso a disposizione il proprio apparato sperimentale personale identico a quello del dimostratore. La differenza rispetto alla Fase 9-C precedente, quindi, era quella che il soggetto osservatore poteva utilizzare il proprio strumento simultaneamente al dimostratore.

La Fase 9-D era costituita da 10 sessioni sperimentali della durata di 10 minuti ciascuna. Il soggetto era sottoposto ad un numero di 3 sessioni giornaliere

intervallate da una pausa di almeno 1,5 ore. Tali sessioni sperimentali si svolgevano in un arco di tempo incluso tra le 9:00 e le 15:00.

- FASE 9-E (*Baseline2-senza dimostratore*): Durante il corso dell'Esperimento 2 nelle Fasi di *osservazione-interazione differita* (2-A) si era registrato un incremento del numero di interazioni con lo strumento rispetto ad una iniziale condizione di *Baseline* (Esperimento 1, Fase 1-A). Nel corso della Fase successiva di *osservazione – interazione simultanea* (2-B) il numero delle interazioni con lo strumento era invece notevolmente diminuito. Questo dato andava contro le aspettative iniziali, si era ipotizzato infatti che durante il corso di questa Fase la scimmia potesse trarre un vantaggio dal poter interagire con lo strumento mentre una dimostrazione era in atto simultaneamente, tale diminuzione come già discusso era causato probabilmente dall'effetto inibitore che il soggetto dimostratore aveva sul soggetto osservatore. Per evitare che ciò potesse influire anche la performance dei nostri soggetti nella Fase di *Baseline 2* abbiamo deciso di far interagire con lo strumento i soggetti sperimentali senza la presenza di una altra scimmia.

Scopo di questa Fase era quella di valutare se e come le interazioni del soggetto osservatore con lo strumento fossero variate a seguito delle precedenti Fasi di *Osservazione - interazione differita* e *Osservazione - interazione simultanea*.

Al soggetto, similmente alla Fase 9-A (*Baseline*), veniva richiesto nuovamente di afferrare lo strumento posto sul tavolo e di utilizzarlo correttamente per raggiungere il cibo posto al di fuori della gabbia. La Fase 9-E era costituita da 5 sessioni sperimentali della durata di 10 minuti ciascuna. Il soggetto era sottoposto ad un numero di 3 sessioni giornaliere intervallate da una pausa di almeno 1,5 ore. Tali sessioni sperimentali si svolgevano in un arco di tempo incluso tra le 9:00 e le 15:00.

Per quest'ultima Fase si è ritenuto opportuno effettuare inizialmente un numero di 5 sessioni sperimentali di osservazione per ogni scimmia, numero prolungabile a 10 nel caso si fossero osservate modalità di interazione con lo strumento decisamente diverse da quelle mostrate in precedenza. Poiché ciò non si è verificato, il numero di sessioni sperimentali effettuate è rimasto fissato a 5.

TABELLA 9 Esperimento 9 e relative Fasi sperimentali

ESPERIMENTO	FASE	SESSIONI		COMPITO ATTESO DELLA SCIMMIA
		N°	DURATA	
9. <i>Interazione con uno nuovo strumento (contesto sociale)</i>	9-A Baseline	10	10 minuti	Afferrare lo strumento, raggiungere il cibo e tirarlo a sé per mangiare.
	9-B Esposizione ad un dimostratore che utilizza lo strumento	5	10 minuti	Osservare la scimmia dimostratrice.
	9-C Osservazione-interazione Differita	10	25 minuti (10 di osservazione, 5 di pausa, 10 di interazione della scimmia osservatrice)	Afferrare lo strumento, raggiungere il cibo e tirare a sé per mangiare, <u>dopo</u> aver osservato la stessa azione eseguita dal dimostratore.
	9-D Osservazione - interazione Simultanea	10	10 minuti	Afferrare lo strumento, raggiungere il cibo e tirare a sé per mangiare, <u>mentre</u> osserva la stessa azione eseguita dal dimostratore.
	9-E Baseline 2 (senza dimostratore)	5	10 minuti	Come Fase 9-A

ANALISI COMPORTAMENTALE

Tutte le sessioni sono state videoregistrate e le cassette analizzate da due sperimentatori non ciechi alle Fasi sperimentali.

Nel corso dell'analisi della Fase da 9-A si sono considerate il numero di tentativi che il soggetto metteva in atto per recuperare il cibo e il numero di interazioni che il soggetto effettuava con lo strumento manipolandolo con l'effettore mano e con l'effettore bocca.

Interazione MANO-STRUMENTO (senza afferramento):

- Lo strumento viene toccato dal soggetto tramite la mano ma non viene afferrato né sollevato.

Interazioni MANO-STRUMENTO (con afferramento):

- Lo strumento viene impugnato dal soggetto tramite la mano.

Queste due categorie comportamentali sono state poi raggruppate in un'unica categoria definita nel testo in modo più generale come “interazione con lo strumento effettuata utilizzando l'effettore MANO”.

Interazioni BOCCA-STRUMENTO:

- Lo strumento viene morsicato, leccato e/o annusato dal soggetto utilizzando come unico effettore la bocca o il naso. Non fanno parte del conteggio le interazioni in cui viene anche utilizzato l'effettore mano.

Tale categoria comportamentale viene definita nel corso del testo come “interazione con lo strumento effettuata utilizzando l'effettore BOCCA”.

Interazione con lo strumento per raccogliere il cibo:

- Lo strumento viene afferrato ed utilizzato per raggiungere il cibo.

ANALISI STATISTICA

Utilizzando un'analisi della varianza (ANOVA per misure ripetute) sono stati eseguiti dei confronti tra le diverse Fasi sperimentali prendendo in considerazione le interazioni eseguite con l'effettore **mano** e l'effettore **bocca**. Un post-hoc di Newman-Keuls è stato successivamente utilizzato per evidenziare quale Fase fosse stata significativa rispetto alle altre.

RISULTATI

Nessuno dei soggetti ha mai tentato di utilizzare lo strumento per recuperare il cibo. Inoltre durante la Fase 9-A di *Baseline* l'attività spontanea dei soggetti con lo strumento era notevolmente bassa, 3 dei soggetti testati non hanno mai interagito con lo strumento rendendo necessaria una loro eliminazione dall'analisi statistica successiva.

Utilizzando un'analisi della varianza e confrontando il numero di interazioni eseguite con lo strumento utilizzando l'effettore **mano** e l'effettore **bocca** i risultati

mostrano una significatività per entrambi: $F(8,24) = 32,52$ $p=0,0004$ ed $F(8,24) = 21,77$ $p=0,0016$ rispettivamente.

Il test Post-hoc di Newman-Keuls ha messo in evidenza però che solo le interazioni eseguite durante la Fase 9-C (*Osservazione-interazione differita*) risultano essere significativamente diverse nel loro numero rispetto a tutte le altre Fasi sperimentali (*Baseline 9-A, Esposizione 9-B, Osservazione - interazione simultanea 9-D, Baseline2 9-E*) ($p<0,01$), sia per l'effettore **mano** che per l'effettore **bocca** (vedi Figura 36).

Questo dato è in linea con i risultati dell'Esperimento 3 precedente che metteva in evidenza un significativo aumento delle interazioni a seguito dell'osservazione di un dimostratore.

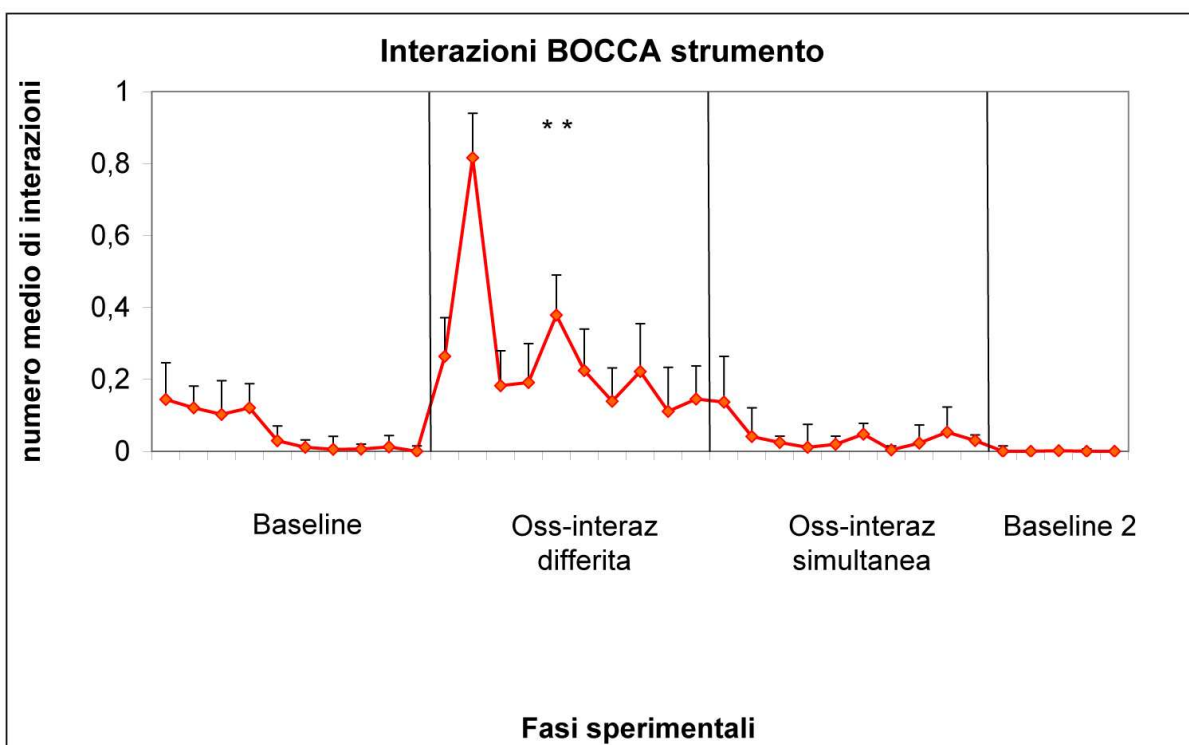
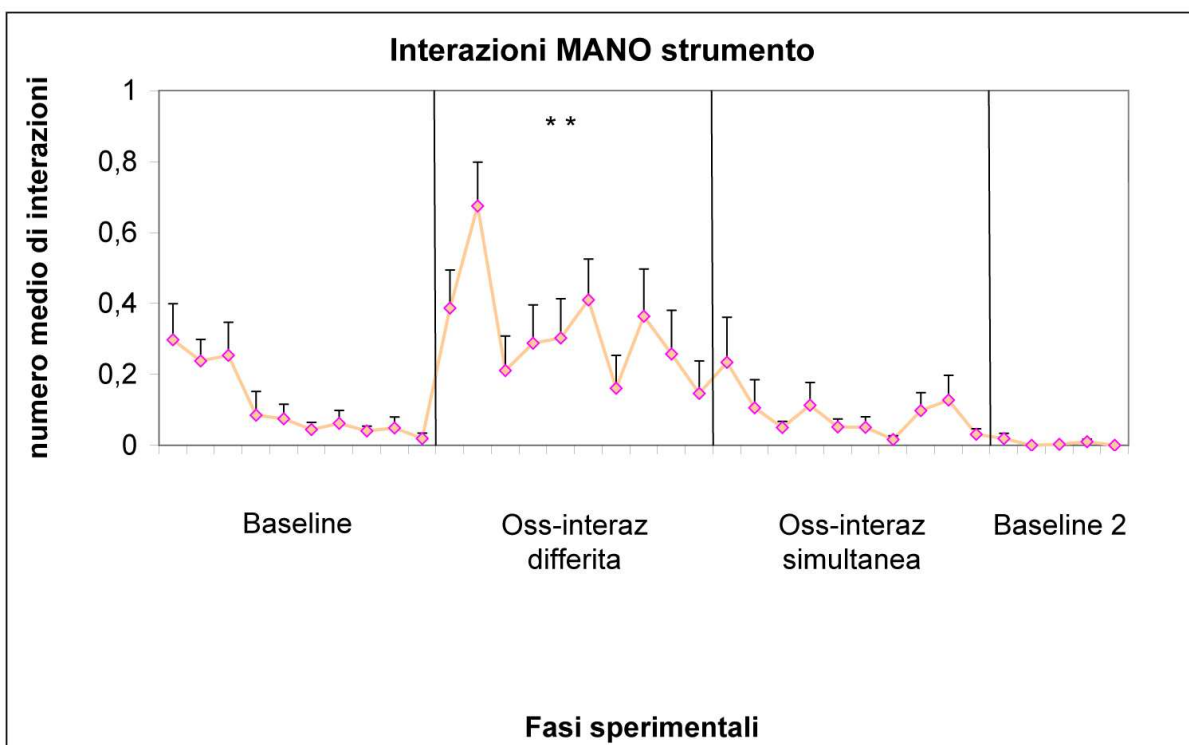


Figura 36. Il grafico rappresenta la media e l'errore standard delle interazioni che i soggetti mettono in atto con l'effettore mano (rosa) e l'effettore bocca (rosso) nel corso delle differenti Fasi sperimentali. Nel grafico viene anche indicato il livello di significatività della Fase di *osservazione-interazione differita* rispetto alle altre Fasi sperimentali

DISCUSSIONE

L'Esperimento 9 è stato eseguito per valutare l'influenza dell'osservazione di una scimmia dimostratrice su di un compito che richiedeva l'utilizzo di una paletta da croupier per raggiungere cibo. I risultati hanno mostrato che i soggetti testati non sono stati in grado di riprodurre le azioni osservate nonostante l'elevata esposizione al dimostratore (Fase 9-B, 9-C e 9-D). Nonostante ciò, il numero medio di interazioni eseguite dai soggetti osservatori sia con l'effettore mano che con l'effettore bocca aumentava significativamente durante le Fasi 9-C (*Osservazione - interazione differita*) rispetto al numero medio di interazioni registrate prima che i soggetti fossero esposti ad un dimostratore (Fase 9-A, *Baseline*). Tale risultato non può essere attribuito alla semplice presenza di una scimmia che si nutre, fattore in grado di facilitare il comportamento alimentare di chi osserva e/o ascolta (Fragaszy e Visalberghi, 2004; Ferrari et al., 2005), poiché tale aspetto come già illustrato era stato mantenuto costante durante tutto l'Esperimento (la scimmia dimostratrice infatti riceveva pezzetti di cibo recuperabili direttamente con la mano o tramite l'uso dello strumento in tutte le Fasi sperimentali). Come già proposto per l'Esperimento 2 tale aumento nel numero di interazioni potrebbe essere spiegato con il fenomeno dello *Stimulus enhancement*, che si verifica quando l'osservazione di un'azione svolta da un dimostratore porta il soggetto osservatore ad aumentare il numero dei suoi comportamenti diretti verso l'oggetto dell'attività del dimostratore e come già illustrato sono numerosi i casi in cui tale fenomeno si verifica ed influenza l'apprendimento dell'uso di uno strumento (ad esempio, Feldman e Klopfer 1972; Watson et al. 1994; Visalberghi e Fragaszy 2004). Il soggetto potrebbe però anche essere stato attratto dall'azione stessa del dimostratore inducendo così una *Response facilitation*: ovvero la presenza del dimostratore che mette in atto un'azione già presente nel repertorio comportamentale dell'osservatore avrebbe aumentato la probabilità che il soggetto osservatore riproducesse quella stessa azione (Byrne, 1994). Si deve tenere in considerazione anche l'importanza di quella particolare classe di neuroni, i neuroni mirror che si attivano all'uso di strumenti, individuati nel settore laterale dell'area premotoria ventrale della scimmia.

Grazie ai lavori di Ferrari e collaboratori (Ferrari et al., 2005b) e Umiltà e collaboratori (Umiltà et al., 2008) sappiamo che vi è una attivazione di questi neuroni sia quando la scimmia osserva un'azione messa in atto da uno sperimentatore che

utilizza uno strumento familiare (una bacchetta) sia durante l'esecuzione diretta di un'azione che prevede l'uso di uno strumento (pinza). Come ipotizzato dagli autori tali neuroni potrebbero appartenere ad un sistema che permette all'osservatore di estendere la propria capacità di comprensione ad azioni che non fanno parte del proprio repertorio di rappresentazioni motorie.

Nel corso della Fase di *Osservazione – interazione simultanea* si era verificato un calo nel numero di interazioni con lo strumento e questo dato rispecchia ciò che si era verificato nel soggetto Charlie e Piccolo durante il corso del secondo Esperimento. Come già spiegato precedentemente, anche in questo caso, tale decremento potrebbe essere stato causato da una inibizione che il soggetto dimostratore esercitava nei confronti della scimmia osservatrice. Ciò potrebbe essere motivato dalla particolare struttura sociale che caratterizza i macachi: al contrario di altre scimmie non antropomorfe, come ad esempio i Cebi, i macachi sono infatti poco tolleranti nei confronti dei conspecifici, anche se appartenenti allo stesso gruppo sociale, ed una stretta vicinanza dei soggetti, come quella necessaria per eseguire alcune Fasi dei nostri esperimenti, è spesso mal tollerata. Non possiamo però essere certi di tale effetto inibitore, dal momento che nessuno dei soggetti ha mai avuto la possibilità di interagire direttamente col soggetto dimostratore per stabilire una gerarchia.

Il risultato potrebbe anche essere spiegato più semplicemente da un effetto di abitudine allo strumento e alla situazione sperimentale: la manipolazione dello strumento infatti non portava mai al raggiungimento del cibo e se una ricompensa veniva a mancare è facilmente intuibile che anche l'azione tendesse a scomparire nel tempo.

Potrebbe essere utile per una maggiore comprensione dei risultati ottenuti sia nel corso dell'esperimento 2 che nel corso di quest'ultimo Esperimento (Esperimento 9) modificare la metodologia sperimentale ed invertire le Fasi di *Osservazione – interazione differita* e *Osservazione – interazione simultanea*: se invertendo le Fasi si continuasse a registrare una diminuzione del numero di interazioni nella Fase di *Osservazione – interazione simultanea* (che temporalmente avverrebbe prima rispetto alla Fase di Differita) ed un aumento significativo del numero di interazioni nella Fase di *Osservazione – interazione differita* (che invece verrebbe eseguita successivamente) potrebbe essere avvalorata l'ipotesi di un fenomeno di inibizione che il soggetto dimostratore esercitava sul soggetto osservatore.

Se invece, al contrario, si dovesse registrare un aumento significativo delle interazioni nella fase di *Osservazione – interazione simultanea* e un drastico calo

delle interazioni durante il corso della Fase di *Osservazione – interazione differita* potremmo avanzare l'ipotesi che tale differenza possa essere stata causata da una perdita di interesse nei confronti del cibo e/o dello strumento.

Nel corso della Fase 9-E (*Baseline2-senza dimostratore*), per verificare l'ipotesi che la presenza di un dimostratore potesse influenzare negativamente la performance dei soggetti, era stata data la possibilità alle scimmie di interagire con lo strumento senza la presenza di un'altra scimmia. Nonostante tale modificazione il numero medio di interazioni con lo strumento sono state ancora più basse di quelle registrate durante la Fase 9-A *Baseline*. Lo stesso effetto si era registrato nel soggetto Piccolo nel corso della Fase 2-C (*Test 2*) nel secondo Esperimento.

I risultati ottenuti nell'Esperimento 9 sono interessanti anche alla luce di quanto riportato per l'Esperimento 8 (*Utilizzo di un nuovo strumento e di una nuova sequenza comportamentale*). In tale situazione si è infatti notato che Charlie e Piccolo non mostravano particolari difficoltà nell'utilizzo della paletta da croupier, ciò potrebbe essere stato possibile, come già discusso precedentemente, grazie a diversi fattori. Innanzitutto l'atto motorio richiesto per recuperare cibo con la paletta era simile a quello richiesto nell'utilizzo della bacchetta (estendere quindi il braccio, dirigerlo verso la fonte di cibo per poi recuperarlo), inoltre l'impugnatura della paletta era identica a livello visivo e tattile alla bacchetta usata nelle Fasi precedenti, e il movimento di recupero del cibo per mezzo della paletta non richiedeva un movimento così preciso come invece richiesto dall'utilizzo della bacchetta. La facilità di apprendimento ed utilizzo del nuovo strumento potrebbe essere attribuibile inoltre alla già acquisita abilità dell'uso della bacchetta usata nelle Fasi precedenti, come dimostrato ad esempio anche da Tokida et al (1994) e Ducoing e Thierry (2005). Questi esempi, insieme con i nostri risultati riportati nell'Esperimento 8 sono a sostegno dell'ipotesi che una precedenza esperienza con l'utilizzo di uno strumento possa essere utile se non essenziale per l'acquisizione dell'utilizzo di un nuovo strumento.

RIASSUNTO E CONCLUSIONI FINALI DELLO STUDIO

I risultati ottenuti nel corso dei nostri esperimenti mostrano che, in linea con quanto riportato dalla letteratura (ad esempio Tomasello e Call 1997) le scimmie da noi studiate non sono state in grado di apprendere spontaneamente l'utilizzo di una bacchetta per recuperare il cibo posto ad una distanza non raggiungibile direttamente.

Durante l'Esperimento 1 (*Interazione spontanea con lo strumento*), nonostante lo sperimentatore avesse "suggerito" parte della sequenza motoria necessaria al recupero del cibo (la scimmia trovava infatti lo strumento già inserito nel contenitore pieno di cibo) la scimmia esibiva solo un comportamento di recupero della bacchetta senza però poi mostrare nessun tentativo di reinserimento dello strumento all'interno del bicchiere.

Nel corso dell'Esperimento 2 (*Osservazione di un dimostratore*) le scimmie hanno avuto la possibilità di osservare una dimostrazione del corretto uso dello strumento da parte di un soggetto che effettuava l'azione. In questa fase la scimmia poteva interagire con lo strumento tentando di replicare l'azione del dimostratore, sia dopo alcuni minuti che simultaneamente. Nel corso dell'ultimo Esperimento (Esperimento 9, *Interazione con un nuovo strumento*) abbiamo deciso di indagare le modalità di interazione di un gruppo di scimmie rhesus (*Macaca mulatta*), inizialmente composto da 12 soggetti, con uno strumento a forma di paletta da croupier. Questa scelta è stata motivata dalla difficoltà mostrata dai soggetti studiati precedentemente, che avevano evidenziato un'incapacità di servirsi di una bacchetta per recuperare il cibo. Con questo strumento infatti la scimmia non sarebbe stata costretta ad effettuare movimenti di precisione, come quelli necessari per inserire la punta della bacchetta all'interno del bicchiere.

Nonostante molti esempi in letteratura ci mostrino che il processo di apprendimento di un nuovo comportamento possa essere facilitato dall'osservazione di un dimostratore (ad esempio Hirata e Morimura 2000; Whiten et al., 2005; Tennie et al., 2006; Subiaul et al., 2007), in tutti i soggetti analizzati non si è verificato nessun tentativo di utilizzo dello strumento per recuperare il cibo. Nonostante questo dato negativo, sembra comunque che una facilitazione sociale sia avvenuta: il numero di interazioni con lo strumento infatti aumentava durante le osservazioni differite suggerendo un fenomeno di *stimulus enhancement* e/o *response facilitation* (ad esempio Visalberghi e Fragaszy, 2004; Byrne, 1994).

Ipotizzando che la lontananza dal cibo potesse essere un fattore limitante per la corretta riuscita del compito, nell'Esperimento 3 (*Generalizzazione dell'uso dello strumento ad un nuovo compito*) abbiamo deciso di collocare l'apparato sperimentale e il cibo all'interno della gabbia della scimmia. Il fatto che le scimmie nel corso degli Esperimenti 1 e 2 non avessero tentato di raggiungere il cibo usando direttamente lo strumento poteva essere causato infatti dalla sua lontananza e dall'impossibilità di essere esplorato e manipolato. Nonostante questo accorgimento e nonostante un'ulteriore dimostrazione a cui i soggetti sono stati sottoposti, ancora una volta le scimmie non sono state in grado di utilizzare lo strumento per recuperare il cibo.

Da una analisi del comportamento dei soggetti si evince che potrebbero essere numerosi i motivi alla base del mancato utilizzo dello strumento: innanzitutto i soggetti mostravano una scarsa manipolazione della bacchetta facendo inizialmente sospettare un fenomeno di neofobia nei confronti del nuovo oggetto. Tuttavia un'analisi statistica sul numero di interazioni effettuate nella prima sessione sperimentale rispetto a quelle successive ha escluso tale ipotesi.

Un fattore che potrebbe ostacolare la diffusione dell'uso di strumenti nei macachi è la loro probabile difficoltà a focalizzarsi sul cibo e di mantenere alta l'attenzione nei confronti di questo se il cibo continua a mostrarsi inaccessibile per un periodo di tempo relativamente prolungato. Nei Cebi o negli scimpanzé invece mostrano una notevole persistenza nel cercare di ricavare ad esempio la polpa di una noce dal guscio duro impiegando forze, tempo ed energia per romperla, combinando anche insieme strumenti naturali che vengono usati come un incudine ed un martello.

Una veloce perdita di interesse nei confronti della bacchetta che sarebbe dovuta servire per recuperare il cibo, ma che nonostante le manipolazioni del soggetto non produceva nessun risultato (cioè non portava ad acquisire nessuna ricompensa edibile), potrebbe essere stata quindi la causa della mancata abilità dei soggetti (mostrata negli Esperimenti 1, 2, 3 e 9) ad arrivare autonomamente alla soluzione. È stato infatti dimostrato che più alto è il numero di interazioni con lo strumento più probabilità ha il soggetto di giungere alla risoluzione del compito (ad esempio Westergaard e Fragaszy 1987).

Secondo un'ipotesi formulata da McGrew (1989) la mancanza di un diffuso utilizzo di strumenti nei Macachi potrebbe anche essere causata da una abbondante presenza nella loro dieta di cibi come da frutta, erba, foglie, radici, semi e da una

scarsità di insetti (Crockett e Wilson, 1980; Caldecott, 1986) la cui estrazione dagli alberi o dal terreno richiederebbe al soggetto l'utilizzo di uno strumento. A questo proposito è importante citare alcuni studi che mostrano come in determinate situazioni ambientali, i macachi possono utilizzare strumenti similmente a quanto riportato per il genere *Cebo* e per gli scimpanzé. Uno esempio ci proviene da alcuni studi effettuati su un gruppo di macachi cinomolgo (*Macaca fascicularis aurea*) che popolano una piccola isola Thailandese (Malaivijitnond et al., 2007; Gumert et al., 2009): queste scimmie utilizzano quotidianamente pietre per cibarsi del contenuto di diverse conchiglie e piccoli gamberetti, che la marea ogni giorno deposita sulla spiaggia dell'isola su cui gli animali vivono. I gruppi di macachi che abitano l'isola sono stati stimati essere 4, composti da 25-30 individui quello di dimensioni maggiore e 12-25 il gruppo di dimensioni minore. Tutti i soggetti, dai giovani agli individui adulti, sono in grado di utilizzare pietre selezionate con cura per rompere i gusci, usando una pietra come martello ed una superficie dura come incudine, così come documentato già negli scimpanzé e nei cebi (Boesch e Boesch 1990; de Moura e Lee 2004; Fragaszy et al., 2004; Mannu e Ottoni 2009; Matsuzawa, 1994; McGrew 1992; Ottoni e Mannu, 2001; Visalberghi et al., 2007, 2009). In questi soggetti è stato osservato anche l'utilizzo di pietre più piccole e più appuntite per staccare le conchiglie dalle rocce, comportamento simile a quello osservato anche in alcuni gruppi di Cebi (Beck, 1980; Fernandes, 1991). Gli autori ritengono che una delle cause per cui è possibile registrare l'utilizzo di strumenti in questi gruppi di scimmie, comportamento che come sappiamo è in genere molto raro osservare all'interno del Genere *Macaco*, è proprio la maggiore versatilità dei soggetti e maggiore varietà nella dieta che queste scimmie mostrano, una versatilità e varietà notevolmente maggiore rispetto ad altre specie ed altri gruppi (Gumert et al., 2009). L'isola è prevalentemente rocciosa e dalle piccole dimensioni, le piante presenti sono soggette a stagionalità così come i loro frutti, queste condizioni avrebbero potuto spingere le scimmie a ricercare e nutrirsi di una fonte di cibo più stabile e disponibile come appunto molluschi e crostacei che si trovano quotidianamente sulle spiagge. Queste osservazioni supportano quindi l'ipotesi proposta da McGrew e il tipo di dieta potrebbe quindi influenzare la capacità dei soggetti nell'uso di strumenti.

Uno dei risultati più interessanti nei nostri esperimenti è stato il netto incremento di manipolazioni che il soggetto osservatore metteva in atto con lo strumento subito dopo aver osservato l'azione dimostratrice. Probabilmente a causa di un fenomeno di

stimulus enhancement e di *response facilitation* (supportati verosimilmente da un meccanismo di tipo mirror), il soggetto è stato maggiormente attratto nei confronti dell'oggetto e nei confronti delle azioni messe in atto dal dimostratore facendo così aumentare il suo interesse nei confronti dell'apparato sperimentale. E' possibile che questo risultato possa essere la conseguenza di una facilitazione di natura motoria dovuta ad un sistema di tipo mirror che attiva rappresentazioni motorie come afferrare lo strumento, portarlo alla bocca, e mordere che sono parte del repertorio della scimmia. Questo effetto diminuiva nel tempo, arrivando quasi ad una completa estinzione, probabilmente perché la scimmia non riceveva alcuna ricompensa da questa attività. Il soggetto avrebbe ricevuto cibo infatti solo se fosse stato in grado di utilizzare correttamente lo strumento e fosse riuscito a raggiungere il cibo. Nessuna ricompensa era prevista infatti dalla sola manipolazione dello strumento.

Altri fattori, quali ad esempio la struttura sociale e la socio-ecologia del genere *Macaca*, potrebbero anche spiegare la mancanza di un apprendimento per osservazione. I macachi infatti per natura sono poco tolleranti (Thierry, Singh, Kaumanns, 2004), i soggetti non stanno a stretto contatto tra loro, tollerano mal volentieri la stretta vicinanza di un conspecifico durante i momenti del pasto, dividendosi ad esempio in piccoli gruppi di foraggiamento composti da 2-6 individui per diminuire la competizione diretta al cibo (Crockett e Wilson 1980; Caldecott, 1986). I soggetti trascorrono sicuramente poco tempo nell'osservare attentamente, magari fianco a fianco, l'attività di un conspecifico, e ciò impedirebbe quindi di osservare a sufficienza un conspecifico nel caso che questi mettesse in atto delle tecniche di utilizzo di uno strumento. Questo invece potrebbe accadere in una società molto più tollerante come quella dei cebi in cui i soggetti vivono in società con gerarchie di dominanza tolleranti e forti legami di affiliazione, anche tra i non-membri del gruppo (Fragaszy, Visalberghi, Fedigan, 2004; Ottoni et al., 2005).

L'affiliazione sociale, definita come la quantità di tempo che due individui trascorrono in prossimità l'uno dell'altro o impiegati nello svolgere interazioni positive come ad esempio il gioco o il grooming (Bonnie e de Waal, 2006), risulta di rilevante importanza per l'acquisizione e la modalità di trasmissione della maggior parte dei comportamenti (ad esempio nelle scimmie del Vecchio Mondo: Huffman e Hirata, 2003; nelle scimmie del Nuovo Mondo: Perry et al., 2003a, b; negli scimpanzé: de Waal, 2001; Matsuzawa et al., 2001; Biro et al., 2003; Bonnie e de Waal, 2006; nei delfini: Mann e Sargeant, 2003).

Una delle possibilità che un soggetto naïve ha di imparare un nuovo comportamento è infatti quello di osservare un individuo esperto che mette in atto l'azione. La velocità di acquisizione poi di tale comportamento sarà molto probabilmente legata anche alla frequenza con cui il soggetto osserva l'esperto (il modello) mettere in atto quell'azione. Pertanto, per il processo di acquisizione, la vicinanza (tolleranza del modello), la frequenza del comportamento effettuato, e l'attenzione che il soggetto mostra nei confronti del comportamento osservato, sono fattori molto importanti che aumentano le possibilità di apprendimento sociale (Coussi-Korbel e Fragazy, 1995; Whiten, 2000; van Schaik, 2003; van Schaik et al., 2003; Perry e Manson, 2003; Lonsdorf, 2006; Moscovice e Snowdon, 2006; Range e Huber 2007). L'acquisizione di un nuovo comportamento in soggetti naïve dovrebbe essere più veloce quindi in quegli individui con una maggiore opportunità di osservare ed imparare da modelli esperti (van Schaik et al., 2003; Perry e Manson, 2003).

Quando si considera l'acquisizione di nuovi comportamenti da parte dei piccoli, si presume che la madre sia la principale fonte di informazione nei primi mesi di vita a causa di una totale dipendenza da lei per tutte le esigenze di base di sopravvivenza (Avital e Jablonka, 2000) e per la tolleranza che la madre mostra nei confronti del piccolo.

I piccoli di macaco vengono svezzati a circa un anno di età, trascorrendo quindi un tempo limitato a stretto contatto con la madre (Thierry, Singh, Kaumanns, 2004), se lo si paragona con quello dei piccoli di scimpanzé, che al contrario terminano il loro svezzamento all'incirca verso i 4 anni. Questi ultimi hanno quindi più possibilità di osservare attentamente i gesti che la madre impiega nell'utilizzare gli strumenti ad esempio durante la preparazione di uno stecchetto per la pesca delle termiti dal terreno o osservando la tecnica precisa di rompere noci utilizzando un sasso come martello. I piccoli scimpanzé giocano con questi strumenti, mimano le azioni, a volte sottraendo lo strumento alla madre stessa. I macachi trascorrono invece meno tempo con la madre e hanno quindi meno probabilità di imparare tramite osservazione. È anche questa loro poco sviluppata capacità di osservazione delle azioni, forse poco allenata durante l'infanzia, che potrebbe contribuire alla scarsa abilità di "carnpire" le tecniche di utilizzo dello strumento da un soggetto dimostratore.

Tale ipotesi però non si dimostra del tutto corretta se si prende come esempio la diffusione dello *stone handling* (una forma solitaria di gioco effettuata con i sassi) comportamento studiato da anni in un gruppo di *Macaca fuscata* da Huffmann e

collaboratori (ad esempio Huffman 1984, 1996; Nahallage e Huffman, 2007). Dalle ricerche effettuate sembrerebbe che i tempi di acquisizione dello *stone handling* dipendano principalmente dal livello di vicinanza ad un dimostratore e dalla frequenza con cui tali dimostratori eseguono il comportamento. L'essere esposti ad un modello che mostra tale comportamento può infatti essere uno stimolo sociale che influisce sull'età di acquisizione. I risultati mostrano infatti che vi è una correlazione negativa tra la frequenza di *stone handling* della madre e l'età di acquisizione del medesimo comportamento da parte del proprio piccolo. I piccoli la cui madre non mostra questo particolare comportamento acquisiscono infatti il comportamento molto più tardi rispetto ad altri.

Anche se la trasmissione di questo tipo di comportamento non è totalmente chiaro (Thierry, Singh, Kaumanns 2004), in uno studio futuro potrebbe essere importante analizzare ancora più in dettaglio nei nostri soggetti quali siano i fattori importanti ed utili per una trasmissione sociale di nuove forme di comportamento, analizzando anche alcuni meccanismi socio-emozionali (opposti a quelli cognitivi) che si basano su rapporti sociali, sull'identificazione e sul desiderio di agire come il modello (Matzusawa et al., 2001; de Waal, 2001).

Per quanto riguarda i substrati neurofisiologici alcuni studi hanno dimostrato l'esistenza di un sistema di mappaggio dell'azione osservata sulla rappresentazione corticale motoria dell'osservatore (Ferrari et al., 2005; Umiltà et al., 2008). Questo meccanismo è stato ipotizzato essere alla base dei fenomeni imitativi: una particolare tipologia di neuroni (neuroni mirror) si attiva infatti sia quando un'azione viene eseguita direttamente dal soggetto, sia quando lo stesso soggetto osserva la stessa azione messa in atto da un dimostratore.

In uno di questi studi (Umiltà et al., 2008) si è dimostrato che sebbene le risposte visive dei neuroni mirror non siano specifiche per le azioni compiute con uno strumento, dopo un periodo di training motorio con l'utilizzo di uno strumento è possibile osservare nella corteccia premotoria ventrale del macaco la presenza di neuroni mirror con scariche sia motorie che visive specifiche per azioni compiute con lo strumento. Similmente, in un studio condotti da Ferrari e collaboratori (Ferrari et al., 2005b) si è dimostrato che questi neuroni si attivavano dopo una prolungata esperienza visiva di uno sperimentatore che utilizzava una bacchetta, anche se la scimmia non aveva mai interagito con questo strumento e non era in grado di utilizzarlo. Quello che probabilmente potrebbe essere avvenuto è che dopo la

prolungata esposizione visiva all'utilizzo di uno strumento, alcuni dei neuroni non specifici abbiano iniziato ad acquisire una loro specificità visiva, probabilmente generalizzando, da un punto di vista visivo, lo scopo delle azioni a quelle che richiedevano uno strumento.

È da notare però che, nonostante la presenza di questi neuroni mirror le scimmie non erano comunque in grado di utilizzare lo strumento in maniera adeguata e non compievano nessun tentativo di utilizzo dello strumento, similmente ai soggetti osservati in questo studio. L'esperienza visiva deve quindi essere integrata con quella motoria per costruire rappresentazioni motorie che includono nel proprio repertorio anche le azioni che implicano uno strumento. Tale ipotesi è supportata dal recente lavoro di Peeters e collaboratori (Peeters et al., 2009) in cui grazie a risonanza magnetica funzionale si è osservato come i neuroni mirror nel macaco si attivino sia all'esecuzione di un'azione che prevede l'uso di una paletta da croupier o di una pinza, sia all'osservazione della stessa azione eseguita da un dimostratore.

Ciò che si evince da una analisi della letteratura (ad esempio Natale et al., 1988; Iriki et al., 1996; Hauser 1997; Ishibashi et al., 2000; Santos et al., 2005, 2006; Spaulding e Hauser, 2005) è che le scimmie, nonostante la loro incapacità ad utilizzare autonomamente uno strumento, possono essere addestrate al suo impiego. Questo è ciò che abbiamo messo in atto anche con i nostri soggetti, insegnando loro, attraverso una procedura di *shaping* della risposta, ad impugnare correttamente la bacchetta, estendere il braccio sino al raggiungimento dello yogurt, recuperare lo strumento e mangiare il cibo ottenuto.

Dopo circa 45 giorni di addestramento le scimmie avevano appreso appieno il comportamento raggiungendo una percentuale di successo di almeno 90%. Oggetto d'indagine degli Esperimenti successivi sarebbe stata la loro capacità di generalizzazione.

Si voleva infatti osservare se e come l'utilizzo dello strumento potesse subire delle modificazioni a seguito di mutamenti nel contesto in cui la scimmia operava o a seguito di vere e proprie modificazioni delle caratteristiche dello strumento stesso.

I risultati dell'Esperimento 4 (*Modifica del contesto*) e dell'Esperimento 5 (*Modifica della tipologia degli strumenti*) hanno mostrato che entrambe le scimmie erano in grado di utilizzare correttamente lo strumento, evidenziando quindi una spiccata capacità di generalizzazione del suo utilizzo nonostante le modifiche apportate. La capacità di generalizzare uno stimolo, meccanismo che opera su

diversi piani, innati e acquisiti, è di fondamentale importanza per gli esseri viventi perché permette loro una notevole “economia” e rapidità nella valutazione delle situazioni e degli oggetti concreti. Infatti un soggetto, trovandosi più volte di fronte a oggetti o situazioni riconosciuti simili tra loro, può ridurre via via la necessità di verificare tutti gli elementi che interessano. È perciò possibile, sulla base di un numero limitato di fattori, avere delle indicazioni sul comportamento più adatto da intraprendere. La validità dell'apprendimento si basa, infatti, sul presupposto tacito che un'azione che ha avuto successo in passato in una data situazione o nei confronti di un determinato oggetto, avrà successo nuovamente in situazioni o con oggetti simili. Nei suoi studi Pavlov aveva ad esempio scoperto che un cane condizionato a salivare all'accensione di una luce di colore bianco, salivava anche alla presentazione di una luce di diverso colore, o con toni diversi di campanelli se un suono era invece stato adottato come stimolo condizionato (Pavlov 1928).

Nel corso dell'Esperimento 6 (*Riconoscimento delle caratteristiche funzionali dello strumento*) abbiamo consegnato ai soggetti 3 tipologie differenti di strumenti, 1 sola delle quali sarebbe stata funzionale per il raggiungimento del cibo. Analizzando il comportamento delle scimmie emerge che esse erano in grado di utilizzare lo strumento corretto ma tale scelta avveniva grazie a tentativi ed errori. Gli stessi risultati sono stati trovati ad esempio nei Cebi da Visalberghi e Limongelli (2004), negli scimpanzé (Kohler 1976; Povinelli 2000), nei gorilla (Yerkes 1927 a-b) e nei bambini (Visalberghi e Troise 1991; Visalberghi 1993). Ciò che emerge da una analisi del comportamento è che le scimmie da noi studiate sono in grado di comprendere che per il recupero del cibo è necessario servirsi dello strumento ma non riescono a cogliere probabilmente quali caratteristiche dovrebbe avere lo strumento per essere uno strumento di successo. Le scimmie potrebbero aver generalizzato la strategia di successo che si era mostrata valida negli esperimenti precedenti, ovvero l'utilizzo di uno strumento, senza analizzare correttamente cosa era cambiato nella nuova situazione.

Comparando questo comportamento con quello dei bambini quando posti davanti a compiti simili, si vede come le scimmie non raggiungano il 6° livello dello sviluppo premotorio proposto da Piaget (1954) ma si fermano al 5° livello riuscendo a capire che uno strumento deve essere utilizzato ma senza arrivare a comprendere quali caratteristiche (ad esempio lunghezza, maneggiabilità, rigidità ecc.) tale

strumento dovrebbe avere per essere funzionale al compito, capacità che si manifesta invece nel 6° stadio dello sviluppo.

Negli ultimi due esperimenti (*Esperimento 7 Utilizzo dello strumento mediante una sequenza motoria differente* ed *Esperimento 8 Utilizzo di un nuovo strumento e di una nuova sequenza comportamentale*) abbiamo osservato come i soggetti fossero capaci di generalizzare l'uso dello strumento anche servendosi di sequenze motorie differenti. I soggetti avevano infatti dimostrato di saper utilizzare lo stesso strumento recuperando il cibo all'interno della gabbia dove si richiedeva di non estendere più il braccio ma di alzare la spalla, piegare il gomito ed inserire lo strumento con un movimento di precisione all'interno del contenitore. Inoltre hanno appreso con grande rapidità l'utilizzo di una paletta da croupier in cui mediante la quale dovevano impiegare un movimento di tipo prossimale per trascinare a sé pezzetti di cibo solidi servendosi dello strumento. Ciò suggerisce che una precedente esperienza di utilizzo di uno strumento potrebbe favorire l'attivazione di una sequenza motoria simile che richiede l'utilizzo di nuova tipologia di utensile (Tokida et al., 1994; Ducoing e Thierry, 2005).

Nonostante i soggetti da noi testati mostrino risultati in linea con quanto riportato anche dalla letteratura, sarebbe comunque utile aumentare il numero del campione, soprattutto per quel che riguarda gli esperimenti effettuati per indagare il fenomeno della generalizzazione dell'uso di strumenti, lavorando con soggetti con un arricchimento sociale ed ambientale maggiore. Numerose sono infatti le differenze in termini di abilità cognitive riscontrate nei cebi testati in condizione di cattività o osservati in natura (ad esempio Fragaszy, Visalberghi, Fedigan, 2004).

Il presente studio è stato supportato dal progetto europeo Hand to Mouth

Bibliografia

- Addessi E, Galloway AT, Visalberghi E, Birch LL (2005). Specific social influences on the acceptance of novel food in 2-5-years-old children. *Appetite* 45:264-271
- Antinucci F, Visalberghi E (1986). Tool use in *Cebus apella*: a case study. *International Journal of Primatology* 7:351-363
- Aglioti SM, Berlucchi G (2003). Phantom limbs and pianto perceptions. In Boller F e Grafman J (Eds) *Handbook of Neuropsychology*, vol. 9, Amsterdam, Elsevier.
- Akins, C. K. e Zentall, T. R. (1996). Imitative learning in male Japanese quail (*Coturnix japonica*) using the two-action method. *Journal of Comparative Psychology*, 110(3):316-320.
- Avitar E, Jablonka E (2000). *Animal traditions. Behavioral Inheritance in evolution.* Cambridge (UK): Cambridge University Press
- Barnett SA (1963). *The Rat. A Study in Behaviour*, Aldine Publishing Company, Chicago
- Beck BB (1972). Tool use in captive hamadryas baboon. *Primates* 13:276-296
- Beck BB (1973). Observation learning of tool use by captive Guinea baboons (*Papio papio*). *American Journal of Physical Anthropology* 38(2):579-582
- Beck BB (1976). Tool use in captive pigtailed macaques. *Primates* 17(3):301-310
- Beck BB (1980). *Animal tool behavior.* New York: Garland STPM Press
- Berlucchi G, Aglioti S (1997). The body in the brain: neural bases of corporeal awareness. *Trends in Neurosciences* 20(12):560-564
- Betes E (1979). The Emergence of Symbols: Ontogeny and Phylogeny. In Lawrence Erlbaum Associates (Eds) *Children's Language and Communication.* Hillsdale, NJ
- Biro D, Inoue-Nakamura N, Yamakoshi G, Sousa C, Matsuzawa T (2003). Cultural innovation and transmission of tool use in wild chimpanzees: Evidence from field experiments. *Animal Cognition* 6:213-223
- Byrne RW (1994). The evolution of intelligence. In Slater & Halliday (Eds) *Behavior and Evolution.* Cambridge, England: Cambridge University Press
- Byrne RW (2005). Social cognition: Imitation, imitation, imitation. *Current Biology* 15(13):498-500

- Boesch C (2007). What makes us human (*Homo sapiens*)? The challenge of cognitive cross-species comparison. *Journal of Comparative Psychology*. 121(3):227-240
- Boesch C (1984) Teaching among wild chimpanzee. *Animal Behaviour* 41:530-532
- Boesch C, Boesch H (1990). Tool use and tool making in wild chimpanzees. *Folia Primatologica (Basel)* 54:86-99.
- Boesch-Acherman H, Boesch C (1993). Tool use in wild chimpanzees: New light from Dark forests. *Current Directions in Psychological Science*, 18-21
- Boinski S, Swing SP, Gross TS, Davis JK (1999). Environmental enrichment in brown capuchins (*Cebus apella*): Behavioral and plasma and fecal cortisol measures of effectiveness. *American Journal of Primatology* 48:49–68
- Bonnie KE, de Waal FBM (2006). Affiliation promotes the transmission of a social custom: handclasp grooming among captive chimpanzees. *Primates* 47:27-34
- Box HO (1988). Behavioural responses to environmental change. Observations on captive marmosets and tamarins (*Callitrichidae*). *Animal feed science and Technology* 39:9-16
- Breuer T, Ndoundou-Hockemba M, Fishlock V (2005). First Observation of Tool Use in Wild Gorillas. *PLoS Biol*, 3(11)
- Caldecott JO (1986). Mating patterns, societies and the ecogeography of macaques. *Anim. Behav* 34:208-220
- Cleveland A, Rocca AM, Wendt EL, Westergaard GC (2004). Transport of tools to food sites in tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Animal Cognition* 7(3):193-198
- Coussi-Korbel S, Fragaszy DM (1995). On the relationship between social dynamics and social learning. *Animal Behavior* 50:1441-1453
- Crockett C. & Wilson WL (1980). Survey of Sumatran primates: Diversity and abundance in a shrinking paradise. *Tigerpaper* 8(2):1-5
- Csibra G, Gergely G, Birò S, Koòs O, Brockbank M (1999). Goal attribution without agency cues: the perception of “pure reason” in infancy. *Cognition* 72:237-267
- Custance D, Whiten A, Fredman T (1999). Social learning of an artificial fruit task in Capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology* 113(1):13-23
- de Moura AC, Lee PC (2004). Capuchin stone tool use in Caatinga dry forest. *Science*, 306(5703):1909

-
- de Waal, FBM (2001). The ape and the sushi master. Basic Books, New York, NY
 - di Pellegrino G, Fadiga L, Fogassi L, Gallese V, Rizzolatti G (1992). Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental Brain Research* 91(1):176-180
 - Dew JL (2005). Foraging, food choice, and food processing by sympatric ripe-fruit specialists: *Lagothrix lagotricha poeppigii* and *Ateles belzebuth belzebuth*. *International Journal of Primatology*, 26(5):1107-1135
 - Dindo M, Whiten A, de Waal FB (2009). Social facilitation of exploratory foraging behaviour in capuchin monkeys (*Cebus apella*). *American journal of primatology* 71:419-426
 - de Waal FBM (1998). No imitation without identification. *Behavioral and Brain Sciences* 21(5):689-689
 - Ducoing AM, Thierry B, (2005). Tool use in Tonkeana macaques (*Macaca tonkeana*). *Animal Cognition* 8:103-113
 - Fedigan LM (1990). Vertebrate predation in *Cebus capucinus*: meat eating in neotropical monkey. *Folia Primatologica* 54:196-205
 - Feldman DW, Klopfer PH (1972). A study of observational learning in lemurs. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 30:293-304
 - Fernandes MEB (1991). Tool use and the predation of oyster (*Crassostrea rhizophorea*) by the tufted capuchin, *Cebus apella apella*, in brackish water mangrove swamp. *Primates* 32:529–531
 - Ferrari PF, Maiolini C, Addessi E, Fogassi L, Visalberghi E (2005a). The observation and hearing of eating actions activates motor programs related to eating in macaque monkeys. *Behavioral Brain Research*, 161(1):95-101
 - Ferrari PF, Rozzi S, Fogassi L (2005b). Mirror neurons responding to observation of actions made with tools in monkey ventral premotor cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(2):212-226.
 - Ferrari PF, Visalberghi E, Paukner A, Fogassi L, Ruggero A, Suomi SJ (2006). Neonatal imitation in rhesus macaques. *Plos Biology* 4(9):1501-1508
 - Ferrari PF, Bonini L, Fogassi L (2009). From monkey mirror neurons to primate behaviours: possible “direct” and “indirect” pathways. *Philosophical transactions of the Royal Society B* 364:2311-2323

- Fogassi L, Ferrari PF, Gesierich B, Rozzi S, Chersi, F, Rizzolatti G (2005). Parietal lobe: from action organization to intention understanding. *Science*, 308(5722):662-667
- Fragaszy D, Adams-Curtis, LE (1991). Environmental challenges in groups of capuchins. In Box, HO (ed.), *Primate Responses to Environmental Change*, Chapman and Hall, London.
- Fragaszy D, Visalberghi E, (1989). Social influences on the acquisition of tool using behaviors in tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology* 103:159-170
- Fragaszy D, Visalberghi E, (2004). Socially-biased learning in monkeys. *Animal Learning and Behavior* 32:24-35
- Fragaszy D, Visalberghi E & Fedigan LM (2004). The complete capuchin: The biology of the genus *Cebus*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fragaszy D, Izar P, Visalberghi E, Ottoni EB, De Oliveira MG (2004). Wild capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) use anvils and stones pounding tools. *American Journal of Primatology* 64:359-366
- Ferrari PF, Maiolini C, Addessi E, Fogassi L, Visalberghi E, (2005). The observation and hearing of eating actions activates motor programs related to eating in macaque monkeys. *Behavioural Brain Research* 161:95-101
- Galef BG (1988). Imitation in animals: history, definitions and interpretations of data from the psychological laboratory. Psychological and biological perspectives. Galef BG (Ed) Hillsdale, NJ, Erlbaum
- Galef BG Jr, Giraldeau LA (2001). Social influences on foraging in vertebrates: causal mechanisms and adaptive functions *Animal Behaviour* 61(1):3-15
- Gallese V, Fadiga L, Fogassi L, Rizzolatti G (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, 119:593-609
- Gentilucci M, Fogassi L, Luppino G, Matelli M, Camarda R, Rizzolatti G (1988). Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey. *Experimental Brain Research* 17(3):475-490
- Gergely G, Nádasy Z, Csibra G, Birò S (1995). Taking the intentional stance at 12 months of age. *Cognition* 56:165-193
- Glander KE (1982). The impact of plant secondary compound on primate feeding behaviour. *American Journal of Physical Anthropology* 25:1-18.

-
- Glickman, SE, Sroges, RW (1966). Curiosity in zoo animals. *Behaviour* 26:151-188
 - Goodall J (1980). Too, using in primates and other vertebrates, in Lehrman DS, Hinde RA, Shaw E (Eds): *Advances in the Study of Behavior*. New York. Academic Press. Vol 3
 - Goodall J (1986). *The chimpanzees of Gombe. Patterns of Behavior*. Cambridge, MA: Harvard University Press
 - Gosset D, Roeder J (2001). Factors affecting feeding decision in a group of black lemurs confronted with novel food. *Primates* 42:175-182
 - Greenberg R (1990a). Ecological plasticity, neophobia and resource use in birds. *Studies in Avian Biology* 13:431-437
 - Greenberg R (1990b). Feeding neophobia and ecological plasticity: A test of the hypothesis with captive sparrows. *Animal Behavior* 39:375-379
 - Greenberg R, Mettke-Hoffmann C (2001). Ecological aspects of neophobia and exploration in birds. *Ornithology* 16:119-178
 - Gumert MD, Kluck M, Malaivijitnond S (2009). The physical characteristics and usage patterns of stone axe and pounding hammers used by long-tailed macaque in the Andaman sea region of Thailand. *American Journal of Primatology* 71:594-608
 - Hall K, Schaller GB (1964). Tool using behavior of the California sea otter. *Journal of mammology* 45:287-298
 - Hauser MD (1997) Artifactual kinds and functional design features: what a primate understand without language. *Cognition* 64:285-308
 - Hauser MD, Pearson HM, Seelig D (2002). Ontogeny of tool-use in a cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*): innate recognition of functional relevant features. *Animal Behaviour* 64:299-311
 - Heyes CM(1993). Imitation, culture and cognition. *Animal Behaviour*, 46:177-188
 - Hihara S, Obajashi S, Tanaka M, Iriki A (2003). Rapid learning of sequential tool use by macaque monkey. *Psychology & Behavior* 78:427-434
 - Hirata S, Morimura N (2000). Naïve chimpanzees' (*Pan troglodytes*) observation of experienced conspecifics in a tool using task. *Journal of comparative psychology* 114:291-296
 - Huffman MA (1984). Stone play of *Macaca fuscata* in Arashiyama B troop: Transmission of a non-adaptive behavior. *Journal of Human Evolution* 13:725-735.

- Huffman, MA (1996). Acquisition of innovative cultural behaviors in nonhuman primates: A case study of stone handling, a socially transmitted behavior in Japanese macaques. In: Social learning in animals: The roots of culture. Heyes, & Galef (Eds). Social learning in animals: The roots of culture. San Diego, CA, US: Academic Press
- Huffman M, Quiatt D (1986). Stone handling by Japanese macaques (*Macaca fuscata*): Implications for tool use of stone. *Primates* 27(4):413-423
- Huffman MA, Hirata S (2003). Biological and ecological foundations of primate behavioural tradition. In: The biology of traditions: Models and evidence. Fragaszy & Perry (Eds). Cambridge University Press, Cambridge
- Iriki A, Tanaka M, Iwamura Y (1996). Coding of modified body schema during tool use by macaque postcentral neurones. *Neuroreport* 14:2325-2330
- Iriki A, Tanaka M, Obayashi S, Iwamura Y (2001). Self-images in the video monitor coded by monkey intraparietal neurons. *Neuroscience Research* 40(2):163-173
- Ishibashi H, Hihara S, Iriki A, (2000). Acquisition and development of monkey tool-use: behavioural and kinematic analysis. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology* 78:958-966
- Johnson E (2000). Food-neophobia in semi-free ranging rhesus macaques: Effects of food limitation and food source. *American Journal of Primatology* 50:25-35
- Jordan C (1982). Object manipulation and tool-use in captive pygmy chimpanzee (*Pan paniscus*). *Journal of Human Evolution*, 11:35-39
- Joubert A, Vauclair J (1986). Reaction to novel objects in a troop of Guinea baboons: Approach and manipulation. *Behaviour* 96:92-104
- Kano T (1982). The use of leafy twigs for rain cover by the pygmy chimpanzees of Wamba. *Primates*, 23:453-457.
- Keysers C, Kohler E, Umiltà MA, Nanetti L, Fogassi L, Gallese V (2003). Audiovisual mirror neurons and action recognition. *Experimental Brain Research* 153:628-636
- Kohler W (1976). The mentality of apes. 2nd Edm. New York: Liveright (Prima pubblicazione 1925)
- Kohler E, Keysers C, Umiltà MA, Fogassi L, Gallese V, Rizzolatti G (2002). Hearing Sounds, Understanding Actions: Action Representation in Mirror Neurons. *Scienze* 297(5582):846 - 848

-
- Limongelli L, Boysen ST, Visalberghi E (1995). Comprehension of cause-effect relations in a tool-using task by chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Journal of Comparative Psychology*, 109(1):18-26
 - Lonsdorf E (2006). What is the role of mother in the acquisition of termite-fishing behaviors in the wild chimpanzees (*Pan troglodytes schweinfurthii*)? *Animal Cognition* 9:36-46
 - Machida S (1990). Standing and climbing a pole by members of a captive group of Japanese monkeys. *Primates* 31:3-74.
 - Maestriperi D (2003). Primate psychology. Cambridge (MA): Harvard University Press
 - Maestriperi D (1996). Gestural communication and its cognitive implication in pig tailed macaques (*Macaca nemestrina*). *Behaviour* 133:997-1022
 - Maestriperi D, Wallen K (1997). Affiliative and submissive communication in rhesus macaques. *Primates* 38:127-138
 - Malaivijitnond S, Lekprayoon C, Tandavanittj N, Panha S, Cheewatham C, Hamada Y (2006). Stone-tool usage by thai long tailed macaques (*Macaca fascicularis*) *American Journal of Primatology* 69(2):227-233
 - Mannu M, Ottoni EB (2009). The enhanced tool-kit of two groups of wild bearded capuchin monkeys in the Caatinga: tool making, associative use, and secondary tools. *American Journal of Primatology* 71:242–251
 - Mann J, Sargeant B (2003). Like mother, like calf: the ontogeny of foraging traditions of wild Indian Ocean bottlenose dolphins (*Tursiops sp.*). In: The biology of traditions: Models and evidence. Fragaszy & Perry (Eds). Cambridge University Press, Cambridge
 - Maravita A, Iriki A (2004). Tools for the body (schema). *Trends in Cognitive Science* 8:79-86.
 - Masataka N, Koda H, Urasopon N, Watanabe K (2009). Free-ranging macaque mothers exaggerate tool-using behaviour when observed by offspring. *PLoS ONE* 4(3):1-5
 - Matelli M, Luppino G, Rizzolatti G (1985). Patterns of cytochrome oxidase activity in the frontal agranular cortex of macaque monkey. *Behavioral Brain Research* 18:125-137
 - Matelli, M., Luppino, G. and Rizzolatti G (1991). Architecture of superior and mesial area 6 and of the adjacent cingulate cortex. *Journal of Comparative Neurology* 311: 445–462

- Matzusawa T (1994) Field experiments on use of stone tools in the wild. In Wrangam, McGrew, DeWall, Heltne (Eds) Chimpanzee culture. Cambridge: Cambridge University Press
- Matsuzawa T, Biro D, Humle T, Inoue-Nakamura N, Tonooka R, Yamakoshi G. (2001). Emergence of culture in wild chimpanzees: Education by master apprenticeship. In: Primate origins of human cognition and behaviour. Matsuzawa, Ed.). Springer, Tokyo
- McGrew WC (1989). Why is ape tool use so confusing? In V Standen & R A Foley (Eds), *Comparative socioecology: The behavioural ecology of humans and other mammals*. Oxford: Blackwell Scientific Publications
- McGrew WC (1992). Chimpanzee material culture: implications for human evolution. Cambridge: Cambridge University Press
- McGrew WC (1998). Culture in non-human primates? *Annual Review of Anthropology*, 27:301-328
- McGrew WC, Tutin C, Baldwin J (1979). Chimpanzees, Tools, and Termites: Cross-Cultural Comparisons of Senegal, Tanzania, and Rio Muni. *Man*, New Series 14(2):185-214 Published by: Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland
- McGrew WC, Marchant LF (1992). Chimpanzees, Tools, and Termites: Hand Preference or Handedness? *Current Anthropology* 33(1):114-119
- Meltzoff AN, Moore MK (1977). Imitation of facial and manual gesture by human neonates. *Science* 198:75-78
- Meltzoff AN, Moore MK (1983). Newborn infants imitate adult facial gesture. *Child Development* 54:702-709
- Menzel EW (1966). Responsiveness to objects in free-ranging Japanese monkeys. *Behaviour* 27:130–150
- Menzel EW, Menzel CR (1979). Cognitive, developmental and social aspects of responsiveness to novel objects in a family group of marmosets (*Saguinus fuscicollis*). *Behaviour* 70:251-279
- Mitchell D (1976). Experiments on neophobia in wild and laboratory rats: A reevaluation. *Journal of Comparative Physiology and Psychology* 90:190-197
- Milton K (1993). Diet and primate evolution. *Scientific American* 269:70–77

-
- Moscovice LR, Snowdon CT (2006). The role of social context and individual experience in novel task acquisition in cotton-top tamarins, *Saguinus oedipus*. *Animal Behavior* 71:933-943
 - Mulcahy N, Call J (2006). Apes save tool for future use. *Science* 312:1038-1040
 - Nahallage CAD, Huffman MA Acquisition and development of stone handling behavior in infant Japanese macaques. *Behaviour* 144:1193-1215
 - Nakamichi M, Kato E, Kojima Y, Itoigawa N (1998). Carrying and washing of grass roots by free-ranging Japanese macaques at Katsuyama. *Folia Primatologica* 69(1):35-40
 - Natale F, Antinucci F, Spinozzi G, Poti P (1986). Stage 6 object concept in nonhuman primate cognition: A comparison between gorilla (*Gorilla gorilla gorilla*) and Japanese macaque (*Macaca fuscata*). *Journal of Comparative Psychology*, 100:335-339
 - Natale F, Poti P, Spinozzi G (1988). Development of tool use on a macaque and a gorilla. *Primate* 29:413-416
 - Neisser U (1993). The self perceived, in "The Perceived Self. Ecological and Interpersonal Sources of Self-Knowledge"
 - Novak MA, Drewsen, KH (1989). Enriching the lives of captive primates: Issues and problems. In Segal, E. F. (ed.), *Housing, Care and Psychological Well Being of Captive and Laboratory Primates*, Noyes, Park Ridge, NJ
 - Ottoni EB, Mannu M (2001). Semifree-ranging tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*) spontaneously use tools to crack open nuts. *International Journal of Primatology* 22:347–358
 - Oyen OJ (1979). Tool-use in free-ranging baboons of Nairobi National Park. *Primates* 20:595–597
 - Parker CE (1969). Responsiveness, manipulation, and implementation behavior in chimpanzees, gorillas and orang-utans. In CR Carpenter (Ed.), *Proceedings of second international congress on primatology*. Basel: Karger
 - Parker CE (1974). Behavioral diversity in ten species of nonhuman primates. *Journal of Comparative Physiology and Psychology* 87:930–937
 - Parker ST, Gibson KR (1977). Object manipulation, tool use and sensorimotor intelligence a feeding adaptation in Cebus monkey and great apes. *Journal of Human Evolution* 6:623-641

- Patterson F (1978). The gesture of a gorilla: Language acquisition in another pongid. *Brain and Language* 5(1):72-97
- Pavlov IP (1928). Lectures on conditioned reflexes. New York: International Publishers
- Peeters R, Simone L, Nelissen K, Fabbri-Destro M, Vanduffel W, Rizzolatti G, Orban GA (2009). The Representation of Tool Use in Humans and Monkeys: Common and Uniquely Human Features. *The Journal of Neuroscience* 29(37):11523-11539
- Perry S, Baker M, Fedigen L, Gros-Louis J, Jack K, McKinnon KC, Manson J, Panger M, Pyle K, Rose LM (2003a). Social conventions in wild white-faced capuchin monkeys. *Current Anthropology* 44: 241-268
- Perry S, Panger, M, Rose LM, Baker M, Gros-Louis J, Jack K, McKinnon KC, Manson J, Fedigen L, Pyle K (2003b). Traditions in wild white-faced capuchins.— In: The biology of traditions: Models and evidence. Fragaszy & Perry (Eds). Cambridge University Press, Cambridge.
- Perry S, Manson JH (2003c). Traditions in monkeys. *Evolutionary Anthropology* 12:71-81
- Pruetz JD, Bertolani P (2007). Savanna chimpanzees, *Pan troglodytes verus*, hunt with tools. *Current Biology* 17:1-6
- Range F, Huber L (2007). Attention of common marmosets-Implications for social learning experiments. *Animal Behaviour* 73(6):1033-1041
- Reynolds PC (1982). The primate constructional system: The theory and description of instrumental tool use in humans and chimpanzees. In M. Von Vranach e R. Hassé (Eds.), The analysis of action (pp. 343-385). Cambridge: Cambridge University Press
- Rizzolatti G, Fadiga L, Matelli M, Bettinardi V, Paulesu E, Perani D, Fazio F (1996). Localization of grasp representations in humans by PET: 1. Observation versus execution. *Experimental Brain Research*, 111(2):246-252
- Rizzolatti G, Fogassi L, Gallese V (2001). Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Natural Review of Neuroscience*, 2(9):661-670
- Rizzolatti G, Craighero L (2004). The mirror neuron system. *Annual Review of Neuroscience* 27:169-192
- Rochat MJ, Serra E, Fadiga L, Gallese V (2008). The Evolution of Social Cognition: Goal Familiarity Shapes Monkeys' Action Understanding. *Current Biology* 18(3):227-232

-
- Rochat MJ, Caruana F, Jezzini A, Escola L, Intskirveli I, Grammont F, Gallese V, Rizzolatti G, Umiltà MA (2009). Grasping the meaning of your action: Goal-relatedness of hand-grasping mirror neurones. Communication IRIA, Tours, 2009
 - Rozin P (1976). The selection of foods by rats, humans, and other animals. In Lehrman, D, Hinde RA, Shaw E (eds.), *Advances in the Study of Behavior*, Vol. 6, New York Academic Press, New York, pp. 21–76
 - Rumbaugh DM (1970). Learning skills of anthropoids. In L. A. Rosenblum (Ed.), *Primate behavior: Developments in field and laboratory research* (pp. 1-70). New York: Academic Press
 - Santos LR, Miller C, Hauser MD (2003). Representing tools: how two non human primate species distinguish between the functionally relevant and irrelevant features of a tool. *Animal Cognition* 6:269-281
 - Santos LR, Rosati A, Sproul C, Spaulding B, Hauser MD (2005). Means-means-end tool choice in cotton-top tamarins (*Saguinus oedipus*): finding the limits on primates' knowledge of tools. *Animal Cognition* 8:236-246
 - Santos LR, Pearson HM, Spaepen GM, Tsao F, hauser MD (2006). Probing the limits of tool competence: experiments without two non-tool-using species (*Cercopithecus aethiops* and *Saguinus oedipus*). *Animal Cognition* 9:94-109
 - Shurcliff A, Brown D, Stollnitz F (1971). Specificity of training required for solution of a stick problem by rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Learning and Motivation* 2:255-270
 - Skinner BF (1981). Selection by consequences. *Science*, 213:501-504
 - Spaulding B, Hauser MD (2005). What experience is required for acquiring tool competence: experiments with two callitrichids. *Animal Behavior* 70:517-526
 - Spelke ES (1985). Preferential-looking methods as tool for the study of cognition in infancy. In: Gottlieb G, Krasnegor NA (Eds). *Measurement of audition and vision in the for the first year of postnatal life: a methodological overview*. Ablex, Stamford, Conn
 - Spence KW, (1937). Experimental studies of learning and higher mental processes in infra-human primates. *Psychological Bulletin* 34:806-850
 - Subiaul F, Romansky K, Cantoin JF, Klein T, Terrace H (2007). Cognitive imitation in 2 years old children (*Homo sapiens*): a comparison with rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Animal Cognition* 10:369-375

- Sugiyama Y (1995). Drinking tools of wild chimpanzees at Bossou. *American Journal of Primatology* 37:263-269.
- Tennie C, Call J, Tomasello M (2006). Push or pull: imitation vs. emulation in great apes and human children. *Ethology* 112:1159-1169
- Terborgh J (1983). Five new world primates: A study in comparative ecology. Princeton university press, princeton, NJ (USA)
- Tingpalong M, Watson W, Whitmire R, Chapple F, Marshall J (1981). Reactions of captive gibbons to natural habitat and wild conspecifics after release. *Natural History Bulletin of the Siam Society* 29:1-40
- Thierry B, Singh M, Kaumanns W (2004). Macaque Society. A model for the study of social organization. Thierry, Singh, Kaumanns (Eds). Cambridge (UK): Cambridge University Press
- Tsakiris M, Haggard P (2005). The rubber hand illusion revisited: visuotactile integration and self-attribution *Journal of Experimental Psychology Human Perception and Performance* 3:80-91
- Tomasello M (1990). Cultural transmission in the tool use and communicatory signalling of chimpanzees? In Parker ST e Gibson KR (Eds) "Language" and intelligence in monkeys and apes. Cambridge: Cambridge University Press
- Tomasello M, Call J (1997). Primate Cognition. Oxford: Oxford University Press.
- Tomasello M, Krugher AC, Ratner HH (1993). Cultural learning. *Behavioral and Brain Science* 16:495-552
- Tokida E, Tanaka I, Takefushi H, Hagiwara T (1994). Tool-use in Japanese macaques: use of stones to obtain fruit from a pipe. *Animal behaviour* 47:1023-1030
- Torigoe T (1985). Comparison of object manipulation among 74 species of non-human primates. *Primates* 26:182-194
- Van Hooff J (1967). The facial displays if the Catharrine monkeys and apes. In Morris D (Ed), Primate Ethology. London: Wieidenfield Nicolson
- Umiltà MA, Escola L, Intskirveli I, Grammont F, Rochat M, Caruana F, Jezzini A, Gallese V, Rizzolatti G (2008). When pliers become fingers in the monkey motor system. *PNAS* 105(6):2209-2213

-
- van Schaik CP (2003). Local traditions in orangutans and chimpanzees: social learning and social tolerance.—In: The biology of traditions: Models and evidence. (Fragaszy, Perry S (Eds). Cambridge University Press, Cambridge
 - van Schaik CP, Fox EA, Sitompul AF (1996). Manufacture and use of tools in wild Sumatran orangutans. Implications for human evolution. *Naturwissenschaften*, 83(4):186-188.
 - van Schaik CP, Fox EA, Fechtman L (2003). Individual variation in the rate of use of tree-hole tools among wild orang-utans: implications for hominin evolution. *Journal of human evolution* 44(1):11-23
 - Vygotskij L (1987) Il processo cognitivo. Torino:Bollati-Boringhieri
 - Visalberghi E (1988). Responsiveness to objects in two social groups of tufted capuchin monkeys (*Cebus apella*). *American Journal of Primatology* 15:349–360
 - Visalberghi E (1990). Tool use in capuchin monkeys. *Folia Primatologica*, 54:146-154
 - Visalberghi E (1993a). Tool use in a south American monkey species: an overview of the characteristics and limits of tool use in *Cebus apella*. In A. Berthelet e J. Chavaillon (Eds.), The use of tools by human and non-human primates. New York: Oxford University Press
 - Visalberghi E (1993b). Capuchin monkeys: a window into tool use activities by apes and humans. In K. Gibson & T. Ingold (Eds.), *Tool, Language and Cognition in Human Evolution* (pp. 138-150). Cambridge: Cambridge University Press
 - Visalberghi E, Trinca L (1989). Tool use in capuchin monkeys: distinguishing between performintutig and understanding. *Primates* 30:511-521
 - Visalberghi E, Fragaszy D (1990). Do monkeys ape? Language and Intelligence in Monkeys and Apes. Gibson KR (Ed) Cambridge, Cambridge University Press
 - Visalberghi E, Troise A (1991). A Comparative Study of Tool-Use in Children and Capuchin Monkeys (*Cebus apella*), *International Journal of Anthropology*, 6(4):255-256
 - Visalberghi E, Limongelli L (1994). Lack of comprehension of cause-effect relations in tool-using capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology*, 108(1):15-22
 - Visalberghi E, Fragaszy D, Savage-Rumbaugh S (1995). Performance in a tool-using task by common chimpanzees (*Pan troglodytes*), bonobos (*Pan paniscus*), orangutan

- (*Pongo pygmaeus*), and capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology*, 109(1):52-60
- Visalberghi E, Limongelli L (1996). Acting and Understanding: tool use revisited through the minutids of capuchin monkeys. In A. E. Russon, K. A. Bard e S. T. Parker (Eds.), *Reaching into thought*. Cambridge: Cambridge University Press
 - Visalberghi E, Anderson J (1999). Capuchin monkeys. In Poole T (ed.), *The Universities Federation for the Welfare of Animals Handbook on the Care and Management of Laboratory Animals*, 7th edn. Vol. 1, Blackwell, Oxford
 - Visalberghi E, Addessi E (2000). Seeing group members eating a familiar food enhances the acceptance of novel foods in capuchin monkey. *Animal Behaviour* 60(1):69-76
 - Visalberghi E, Janson CH, Agostini I (2003). Response Toward Novel Foods and Novel Objects in Wild *Cebus apella*. *International Journal of Primatolog* 24(3):653-675
 - Visalberghi E, Fragaszy D (2004). Do monkeys ape-ten years later. In *Imitation in animals and artifacts* Nehaniv CL, Dautenhahn K (Eds). MIT Press, Cambridge (MA)
 - Visalberghi E, Fragaszy D, Ottoni E, Izar P, de Oliveira MG, Andrade FRD (2007). Characteristics of hammer stones and anvils used by wild bearded capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) to crack open palm nuts. *American Journal of Physical Anthropology* 132:426–444
 - Visalberghi E, Addessi E, Truppa V, Spagnoletti N, Ottoni E, Izar P, Fragaszy D (2009). Selection of effective stone tools by wild bearded capuchin monkeys. *Current Biology* 19:213-217
 - Watson S, Shiff M, Ward J (1994). Effects of modeling and lineage on fishing behavior in the small-eared bushbaby (*otolemur garnettii*). *International Journal of Primatology* 15(4):507-519
 - Whiten A (2000). Primate culture and social learning. *Cognitive Science* 24: 477-508.
 - Whiten A, Ham R (1992). On the nature and evolution of imitation in the animal kingdom: Reappraisal of a century of research. In PJB Salter, JS Rosenblatt, C Beer, M Milinski (Eds). *Advances in the study of behaviour* (pp 239-283). San Diego, CA: Academic Press
 - Whiten A, Horner V, de Waal FMB (2005). Conformity to cultural norms of tool use in chimpanzees. *Nature* 437:737-740

-
- Westergaard GC (1988). Lion-tailed macaques (*Macaca silenus*) manufacture and use tools. *Journal of Comparative Psychology* 102:152-159
 - Westergaard GC (1992). Object manipulation and the use of tools by infant baboons (*Papio cynocephalus anubis*). *Journal of Comparative Psychology* 106(4):398-403
 - Westergaard GC, Fragaszy Dm (1985). Effects on manipulatable objects on the activity of captive capuchin monkey (*Cebus apella*). *Zoo Biology* 4:317-327
 - Westergaard GC e Suomi S (1992). Use of a tool-set by capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Primates* 34(4):459-462
 - Westergaard, GC, Fragaszy, DM (1985). The manufacture and use of tools by capuchin monkeys (*Cebus apella*). *Journal of Comparative Psychology* 101(2):159-168
 - Wood D (1989). Social interaction as tutoring. IN MH Bornstein e JS Bruner (Eds). *Interaction in human development* . Cambridge, MA: Harvard University Press
 - Wood D, Bruner, JS, Ross, G (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2):89-100
 - Yamamoto, ME, Lopes, FA, Leite TS, Azevedo SD (2000). Exploration and consumption of novel and familiar food items by captive common marmosets (Abstract). In *European Federation of Primatology*, London 2000
 - Yerkes RM (1927a). The mind of a gorilla. Part 1. *Genetic Psychology Monographs* 2:1-193
 - Yerkes RM (1927b). The mind of a gorilla. Part 2. *Genetic Psychology Monographs* 2:375-551
 - Zuberbühler K, Gyax L, Harley N, Kummer H, (1996). Stimulus enhancement and spread of spontaneous tool use in a colony of long-tailed macaques. *Primates* 37(1):1-12