

# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

**Dipartimento di Filosofia, Sociologia, Pedagogia e Psicologia Applicata**

**Corso di laurea triennale in Scienze Psicologiche Sociali e del Lavoro**

**Elaborato finale**

**Discriminazione numerica spontanea in *Anthia Thoracica* e *Anthia Sexmaculata***

**Spontaneous numerical discrimination in *Anthia Thoracica* and *Anthia Sexmaculata***

***Relatrice***

**Prof.ssa Rosa Rugani**

Dipartimento di Psicologia Generale

***Correlatore***

**Dott. Marco Moretto**

***Laureando: Alessandro Fontana***

***Matricola: 2046336***

Anno Accademico 2023/2024



## ABSTRACT

Storicamente gli studi riguardo le abilità cognitive nei vertebrati sono stati numerosi, a partire dallo sfortunato caso del cavallo Hans agli studi del tedesco Koehler. Di recente si è assistito a un interesse crescente della comunità scientifica riguardo le abilità cognitive nel mondo animale, includendo anche alcuni gruppi di invertebrati, soprattutto insetti sociali quali api, vespe e formiche. In questo contesto si è voluto indagare sulle specie di invertebrati, con particolare riferimento ai coleotteri *Anthia thoracica* e *Anthia sexmaculata*. Lo studio che verrà descritto, in collaborazione con il museo degli insetti di Padova Esapolis, prenderà in esame in modo specifico la seconda specie, con l'obiettivo di confrontare i risultati ottenuti precedentemente in *Anthia thoracica*. I soggetti sono stati sottoposti a due condizioni sperimentali di discriminazione numerica spontanea (1vs.3 e 1vs.4), al fine di determinare un limite, se presente, nella cognizione numerica di questi insetti.

# INDICE

1. Introduzione
  - 1.1. Premesse storiche
  - 1.2. Sistemi numerici: *AMS*, *OFS* e Legge di Weber
  - 1.3. *Anthia thoracica* e *Anthia sexmaculata*
  - 1.4. Introduzione alla sperimentazione
2. Materiali e metodi
  - 2.1. Apparato sperimentale
  - 2.2. Procedura sperimentale
3. Risultati
  - 3.1. Risultati “1vs.3”
  - 3.2. Risultati “1vs.4”
4. Discussione e commento
5. Bibliografia

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1 Premesse storiche

Nel corso degli ultimi trent'anni si è osservato un aumento della letteratura e dell'interesse scientifico sul tema delle abilità numeriche e del loro utilizzo da parte di animali non umani (Haun, Jordan, Vallortigara, Clayton., 2010). Questo periodo particolarmente prolifico ha tardato nella sua comparsa grazie anche al contributo di una concezione della mente umana come superiore rispetto a qualsiasi altra, promossa dagli studi di uno dei padri fondatori della neuro-anatomia moderna, Ludwig Edinger, il quale sosteneva una teoria dell'evoluzione del cervello che fosse progressiva, crescendo da un livello intellettuale basso, come quello di pesci, anfibi o rettili, fino a uno più elevato, prerogativa dell'essere umano (Jarvis, Güntürkün, Bruce, et al., 2005). Tale visione venne consolidata da un evento significativo datato nei primi anni del Novecento, riguardante un cavallo di nome Hans, che causò un'ondata di scetticismo nella comunità scientifica riguardo l'effettiva capacità degli animali non umani di sviluppare abilità cognitive numeriche. Hans sembrava aver appreso, sotto insegnamento del suo proprietario Wilhelm von Osten, ad eseguire semplici calcoli aritmetici. Nel 1911, si scoprì però che l'animale era in grado di risolvere i compiti numerici solo quando era messo di fronte a qualcuno che conosceva la risposta corretta, suggerendo la natura prettamente sociale della sua abilità, e non matematica (Pfungst, 1977). Dopo questo evento, dovettero trascorrere altri trent'anni prima che l'interesse scientifico in questo ambito venisse risvegliato dagli studi di Otto Koehler, zoologo tedesco che riuscì a dimostrare la presenza di diverse abilità numeriche in più di una specie di uccelli (Koehler, 1941). A questa scoperta seguirono poi in letteratura studi su numerose altre specie di vertebrati, come scimmie rhesus (*Macaca mulatta*; Jordan, Brannon, 2006), orsi neri (*Ursus americanus*; Vonk, Beran, 2012), guppy (*Poecilia reticulata*; Piffer et. al., 2012) ed elefanti asiatici (*Elephas maximus*; Irie-

Sugimoto et. al., 2009) a supporto dell'idea che anche gli animali non umani sono in grado di utilizzare informazioni protonumeriche per fini adattivi, e in assenza di uno specifico addestramento (Rugani, 2017).

## 1.2 Sistemi numerici: *AMS*, *OFS* e Legge di Weber

Per comprendere i risultati dell'esperimento che verrà descritto è fondamentale capire come le quantità numeriche vengono processate da meccanismi neurali differenti. Vengono individuati due sistemi: l'*object file system* (OFS) e *analogue magnitude system* (AMS).

L'OFS è un sistema specifico per i numeri piccoli, generalmente inferiori o uguali a quattro. Si configura come la capacità di immagazzinare contemporaneamente nella memoria di lavoro un numero limitato di elementi, creando per ciascuno una rappresentazione diversa e a sé stante. Data la sua natura, si tratta di un sistema attento volto non ad enumerare gli oggetti nell'ambiente, ma a rappresentarli.

L'AMS è invece un sistema adibito al processamento di numerosità solitamente maggiori di quattro, che non permetterebbe la categorizzazione degli elementi presi singolarmente. È caratterizzata da una capacità che non sembra avere un limite. (Rugani, Regolin, 2021).

Questo secondo sistema in particolare è subordinato alla cosiddetta Legge di Weber, per cui al decrescere del rapporto fra due quantità, il compito di discriminazione semplice "maggiore-minore" risulta più facile, determinando tempi di risposta più brevi e accurati (Gallistel, Gelman, 1992).

### 1.3 *Anthia thoracica* e *Anthia sexmaculata*

*Anthia thoracica* (Thunberg, 1784) e *Anthia sexmaculata* (Fabricius, 1787) sono due specie appartenenti alla famiglia dei Carabidi, ordine dei coleotteri. *Anthia thoracica* si trova in natura nelle regioni meridionali del continente africano. Le loro dimensioni raggiungono nei maschi i 4,5-5,5 cm, mentre nelle femmine la media si abbassa di circa 0,5 cm. Il loro corpo è di colore nero, ad eccezione di due macchie gialle ben visibili ai lati del capo (Moretto, 2023). Si tratta di una specie predatrice, con un'elevata velocità di movimento per favorire la caccia, e un paio di antenne di cui è stata osservata la vibrazione in presenza di una potenziale preda (Mawdsley, Erwin, Sithole, Mawdsley, Mawdsley, 2011). *Anthia sexmaculata* presenta caratteristiche simili ad *Anthia thoracica*, differenziandosi solo per alcuni dettagli anatomici. Sul dorso nero presenta un numero tendenzialmente variabile di macchie bianche, in genere quattro o sei. La dimensione corporea è più piccola e il dimorfismo sessuale è meno pronunciato. Infine, si distingue per la distribuzione, maggiore nel Nordafrica (Global Biodiversity Information Facility, [www.gbif.org/species/7448677](http://www.gbif.org/species/7448677)).

### 1.4 Introduzione alla sperimentazione

Nello studio che verrà proposto si andranno a indagare le abilità protonumeriche della specie *Anthia sexmaculata*, con l'obiettivo di confrontare i risultati ottenuti con quelli dello studio preliminare svolto sulla specie filogeneticamente affine *Anthia thoracica* (Moretto, 2023). In particolare, tale studio mira a verificare le abilità di discriminazione numerica spontanea in soggetti non vertebrati non-sociali. La sperimentazione è stata svolta nell'arco del mese di luglio 2024 nel museo degli insetti Esapolis, situato a Padova.



## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1 Apparato sperimentale

Nella sperimentazione è stato utilizzato un apparato composto da due sezioni: un'anticamera di forma rettangolare, di dimensioni 24x18x15 cm, e un'area di forma trapezoidale con base maggiore 70 cm, base minore 18 cm, lati di 40 cm e altezza di 15 cm. L'apparato è stato costruito con polionda polipropene, di colore bianco. La sezione dell'anticamera è separata dall'arena da un pannello su cui è stata ritagliata un'apertura di forma quadrata delle dimensioni di 4x4 cm, a cui segue uno scivolo lungo 9 cm, inclinato di 45°. Tale scivolo risulta utile all'interno della sperimentazione in quanto impedisce al soggetto di tornare nell'anticamera durante i test. L'anticamera è sopraelevata rispetto all'arena di 5 cm. L'area trapezoidale è riempita con sabbia, al fine di simulare il più possibile il suolo presente nell'habitat naturale di *Anthia Sexmaculata*. La luce viene creata in modo omogeneo attraverso l'apposizione di sei led (Mittled Ikea®, 1A, 125VL, 250V): uno di forma longitudinale, posizionato sulla parete posteriore dell'anticamera, quattro più piccoli, di forma circolare, situati agli angoli del trapezio, e infine uno posto in una posizione sopraelevata rispetto all'arena, in modo da illuminarne il centro. All'interno dell'arena vengono posizionati, a una distanza equivalente di 10 cm a destra e a sinistra dello scivolo, distanziati fra loro di 10 cm, due piccoli contenitori quadrati di lato 6 cm e altezza 1.5 cm, la cui base è stata posta a un livello leggermente inferiore a quello della sabbia, per agevolare l'ingresso ai soggetti di piccole dimensioni. All'interno di questi contenitori sono stati inseriti gli stimoli, nel caso di questo esperimento costituiti da larve di *Tenebrio molitor* (Linneo, 1758), denominate comunemente tarme della farina.

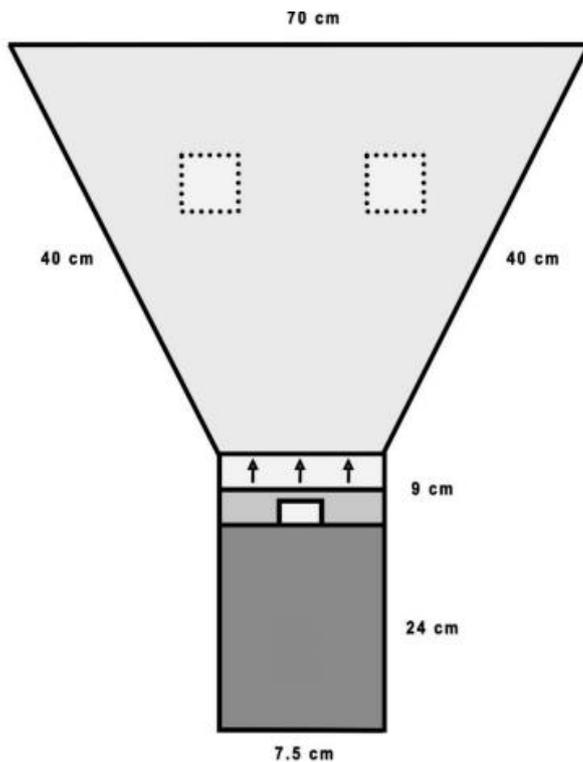


Figura 1. Rappresentazione dell'apparato sperimentale. (Moretto, 2023)

Tra una prova e la successiva, o al termine della sessione di sperimentazione, si è utilizzato un contenitore trasparente di 13x10x6 cm per prelevare l'esemplare dall'arena. Durante le ore nelle quali i soggetti non venivano testati, sono stati disposti due terrari (dimensioni 50x35x40 cm) allestiti con la stessa sabbia utilizzata nella sperimentazione, e tenuti all'interno della medesima stanza in cui si svolgeva l'esperimento. Nei terrari si dividevano i due gruppi di esemplari, uno costituito da sei soggetti (denominati S1, S2, S3, S4, S5, S6), e uno costituito da quattro soggetti (denominati S7, S8, S9, S10). Veniva mantenuta una temperatura ambiente, che oscillava durante tutta la giornata tra i 26 e i 28 gradi centigradi. All'interno dei terrari era messa a disposizione acqua a piacere, mentre il cibo (4 larve di *Tenebrio molitor* per ciascun terrario) veniva fornito solo il venerdì, in modo da garantire ai soggetti un'adeguata alimentazione al di fuori dei giorni di sperimentazione. Per ognuno dei gruppi si distinguevano gli esemplari attraverso una



fossero abituati a cacciare le prede, ma ad essere nutriti da mano umana. È infatti stato osservato, al di fuori della sperimentazione, che i comportamenti predatori più marcati, spesso con conseguente consumazione della preda, si verificavano quando questa veniva avvicinata attivamente alle mandibole dei soggetti. Se al termine di un tempo prestabilito di dieci minuti il soggetto non interagiva con nessuna preda, la prova era considerata nulla. Al termine di ogni prova, con il soggetto accuratamente riposizionato nell'anticamera attraverso l'ausilio del medesimo contenitore utilizzato in precedenza, veniva allestita l'arena per la prova successiva.

### 3. RISULTATI

I dati raccolti nelle prove sono stati sottoposti ad analisi statistica tramite il software di Jasp 0.19.0, e hanno dato i risultati che seguono.

#### 3.1 Risultati 1vs.3

Nella **tabella 1** sono riportati i risultati relativi alla condizione sperimentale "1vs.3", ricavati con test di Wilcoxon dei segni per ranghi. Le prove nelle quali i soggetti hanno scelto il contenitore con tre larve sono significativamente maggiori di quelle in cui hanno scelto il contenitore con una larva, al livello di significatività del 5% ( $p = 0.022$ ,  $W = 28$ ,  $z = 2.366$ ). Assieme a questo valore, risulta significativo anche il dato "prove valide" *versus* "prove nulle" ( $p = 0.006$ ,  $W = 55$ ,  $z = 2.803$ ), al contrario del dato che esprime la preferenza dei soggetti per una delle due direzioni, a prescindere dalla quantità di larve ( $p = 0.566$ ,  $W = 33.5$ ,  $z = 0.612$ ).

#### Paired Samples T-Test

Measure 1		Measure 2	W	z	df	p
prove valide	-	prove nulle	55.000	2.803		0.006
Approccio 3	-	Approccio 1	28.000	2.366		0.022
prove a destra	-	prove a sinistra	33.500	0.612		0.566

Note. Wilcoxon signed-rank test.

Tabella 1. Statistiche prove "3vs1"; Analisi test di Wilcoxon dei segni per ranghi

Nella **tabella 2** sono riportati i dati descrittivi riferiti al campione utilizzato N = 10, con media delle osservazioni, deviazione standard, errore standard e coefficiente di variazione.

Descriptives					
	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation
prove valide	10	13.200	1.751	0.554	0.133
prove nulle	10	7.100	1.853	0.586	0.261
Approccio 3	10	8.100	1.449	0.458	0.179
Approccio 1	10	5.100	1.729	0.547	0.339
prove a destra	10	6.900	1.729	0.547	0.251
prove a sinistra	10	6.300	1.889	0.597	0.300

Tabella 2. Statistiche descrittive "3vs1"

Il **grafico 1** mostra ogni soggetto del campione N = 10, rappresentati dai pallini verdi (prove sul "3") e arancioni (prove sull'"1"). Ogni linea di color grigio che unisce due pallini di colore diverso indica che questi rappresentano lo stesso soggetto. A sinistra due *box plots* e due curve di distribuzione, riferite ai medesimi dati.

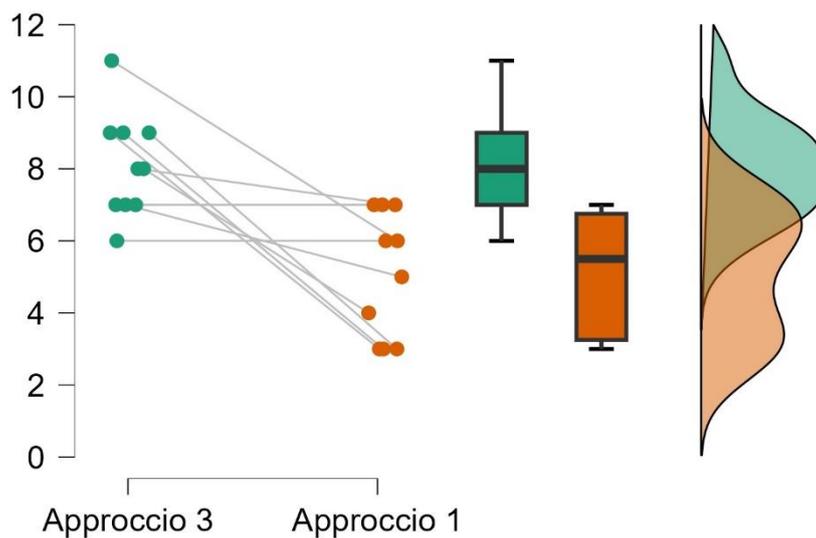


Grafico 1. Rappresentante i dati delle prove "3vs1"

### 3.2 Risultati “1vs.4”

Nella **tabella 3** sono riportati i risultati relativi alla condizione sperimentale “1vs.4”, ricavati con test di Wilcoxon dei segni per ranghi. Le prove in cui i soggetti hanno scelto il contenitore con quattro larve non sono significativamente maggiori di quelle in cui hanno scelto il contenitore con una larva, al livello di significatività del 5% ( $p = 0.905$ ,  $W = 21$ ,  $z = 0.178$ ). Come per i risultati dei test “1vs.3” si ha una significatività per le prove valide rispetto a quelle nulle ( $p = 0.006$ ,  $W = 55$ ,  $z = 2.803$ ), ma non per la preferenza di direzionalità ( $p = 0.134$ ,  $W = 42.5$ ,  $z = 1.529$ ).

#### Paired Samples T-Test

Measure 1		Measure 2	W	z	df	p
prove valide	-	prove nulle	55.000	2.803		0.006
Approccio 4	-	Approccio 1	24.000	0.178		0.905
prove a destra	-	prove a sinistra	42.500	1.529		0.134

Note. Wilcoxon signed-rank test.

Tabella 3. Statistiche prove “4vs1”; Analisi test di Wilcoxon dei segni per ranghi

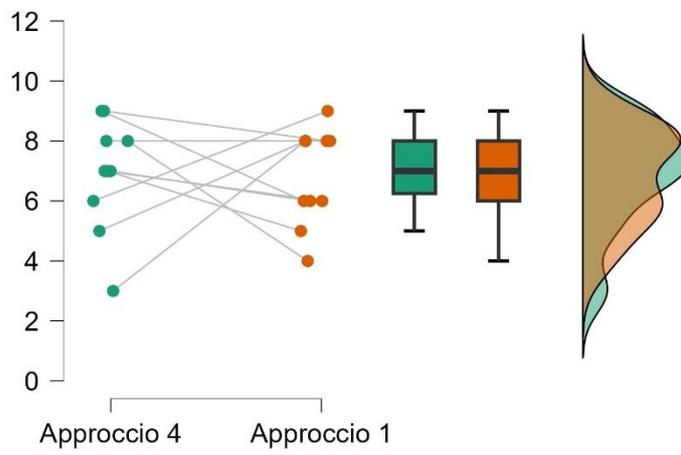
Nella **tabella 4** vengono riportati i dati descrittivi riferiti al campione  $N = 10$ , il medesimo della condizione sperimentale “1vs.3” con media delle osservazioni, deviazione standard, errore standard e coefficiente di variazione.

#### Descriptives

	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation
prove valide	10	13.700	1.947	0.616	0.142
prove nulle	10	6.300	1.947	0.616	0.309
Approccio 4	10	6.900	1.853	0.586	0.269
Approccio 1	10	6.800	1.619	0.512	0.238
prove a destra	10	7.700	1.889	0.597	0.245
prove a sinistra	10	6.000	1.563	0.494	0.261

Tabella 4. Statistiche descrittive “4vs1”

Il **grafico 2** mostra ogni soggetto del campione  $N = 10$ , rappresentati con lo stesso criterio del **grafico1**.



*Grafico 2. Rappresentante i dati delle prove "4vs1"*

#### 4. DISCUSSIONE E COMMENTO

I risultati ottenuti nelle due condizioni sperimentali potrebbero confermare ciò che era stato dimostrato per la specie filogeneticamente affine *Anthia Thoracica* (Moretto, 2023). *Anthia Sexmaculata* sembra infatti essere in grado di discriminare tra le quantità numeriche “uno” e “tre”, ma non tra “uno” e “quattro”. Questo risultato suggerisce la presenza e l’utilizzo del sistema numerico OFS, responsabile dell’immagazzinamento di numeri piccoli. Ciò supporta l’ipotesi di Leppik (1953) e Gross et. al. (2009, 2011), secondo cui il limite nel sistema OFS degli insetti è rappresentato dalla quantità “quattro”. Per quanto riguarda invece la legge di Weber, sembra esserci un contrasto, poiché, secondo questa, dovrebbe risultare più semplice il compito di discriminazione “1 vs. 4” (rapporto 0.25) rispetto a quella “1 vs. 3” (rapporto 0.33). Questa ricerca, unita alla vasta letteratura presente, può contribuire a risalire da un punto di vista evolutivo alle radici della cognizione numerica, tracciando il suo sviluppo nella filogenesi del cervello. Come infatti ipotizzato da Cantlon e Brannon (2006), prestazioni simili in specie differenti, compresi gli umani, suggeriscono un meccanismo numerico non verbale di origine antica, condiviso fra tutte le specie.

Il presente lavoro è stato svolto come parte di un progetto di ricerca guidato dal Dott. Marco Moretto e dalla Prof.ssa Rugani.

Alessandro Fontana ha contribuito a parte del progetto per soddisfare i criteri per il completamento del tirocinio obbligatorio per il Corso di Laurea Triennale.

## 5. Bibliografia

- Cantlon, J. F., & Brannon, E. M. (2006). Shared System for Ordering Small and Large Numbers in Monkeys and Humans. *Psychological Science*, 17(5), 401-406. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01719.x>
- Gallistel C. R. & Gelman R. (1992). Preverbal and verbal counting and computation. *Cognition*. Volume. 44: Issues 1–2, Pages 43-74, ISSN 0010-0277, [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(92\)90050-R](https://doi.org/10.1016/0010-0277(92)90050-R).
- Gross H. J., (2011). To bee or not to bee, this is the question ... the inborn numerical competence of humans and honeybees. *Communicative & Integrative Biology*. 4: 594–597
- Gross H. J., Pahl M., Si A., Zhu H., Tautz J., & Zhang S. (2009). Numberbased visual generalisation in the honeybee. *PLoS ONE*. 4: e4263. doi: 10.1371/journal.pone.0004263
- Haun, D. B., Jordan, F. M., Vallortigara, G., & Clayton, N. S. (2010). Origins of spatial, temporal and numerical cognition: Insights from comparative psychology. *Trends in cognitive sciences*, 14(12), 552–560. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.09.006>
- Irie-Sugimoto, N., Kobayashi, T., Sato, T., & Hasegawa, T. (2009). Relative quantity judgment by Asian elephants (*Elephas maximus*). *Animal cognition*, 12(1), 193–199. <https://doi.org/10.1007/s10071-008-0185-9>
- Jarvis, E. D., Güntürkün, O., Bruce, L., Csillag, A., Karten, H., Kuenzel, W., Medina, L., Paxinos, G., Perkel, D. J., Shimizu, T., Striedter, G., Wild, J. M., Ball, G. F., Dugas-Ford, J., Durand, S. E., Hough, G. E., Husband, S., Kubikova, L., Lee, D. W., & Mello, C. V., ... Avian Brain Nomenclature Consortium (2005).

- Avian brains and a new understanding of vertebrate brain evolution. *Nature reviews. Neuroscience*, 6(2), 151–159. <https://doi.org/10.1038/nrn1606>
- Jordan, K. E., & Brannon, E. M. (2006). A common representational system governed by Weber's law: nonverbal numerical similarity judgments in 6-year-olds and rhesus macaques. *Journal of experimental child psychology*, 95(3), 215–229. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2006.05.004>
  - Köhler, O. (1941). "Vom erlernen unbenannter anzahlen bei vögeln". *Die Naturwissenschaften*: 201-218
  - Leppik E. E., (1953). The Ability of Insects to Distinguish Number, *The American Naturalist*. 87: 835, 229-236
  - Mawdsley, J. R., Erwin, T. L., Sithole, H., Mawdsley, J. L., & Mawdsley, A. S. (2011). The genus *Anthia* Weber in the Republic of South Africa, Identification, distribution, biogeography, and behavior (Coleoptera, Carabidae). *ZooKeys*, (143), 47–81. <https://doi.org/10.3897/zookeys.143.2075>
  - Moretto, M. (2023). *Studio preliminare sulle abilità proto-numeriche in Anthia thoracica*.
  - Pfungst O. (1907). *Das Pferd von Herrn Osten*. Leipzig, reprinted 1977 as: *Der kluge Hans. Ein Beitrag zur nicht-verbalen Kommunikation*. Frankfurt am Main, Germany: Fachbuchhandlung für Psychologie.
  - Piffer, L., Agrillo, C., & Hyde, D. C. (2012). Small and large number discrimination in guppies. *Animal cognition*, 15(2), 215–221. <https://doi.org/10.1007/s10071-011-0447-9>
  - Rugani, R., & Regolin, L. (2021). Numerical Abilities in Nonhumans: The Perspective of Comparative Studies. In: Danesi, M. (eds) *Handbook of Cognitive Mathematics*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-44982-7\\_39-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-44982-7_39-1)

- Rugani, R. (2018). Towards numerical cognition's origin: insights from day-old domestic chicks. *Phil. Trans. R. Soc. B* **373**: 20160509  
<http://doi.org/10.1098/rstb.2016.0509>
- Vonk, J., & Beran, M. J. (2012). Bears "Count" Too: Quantity Estimation and Comparison in Black Bears (*Ursus Americanus*). *Animal behaviour*, *84*(1), 231–238. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2012.05.001>