

Il futuro nella memoria: ricordo, dimenticanza e previsione

Memory and prediction: The role of forgetfulness

Daniele Gatti* & Tomaso Vecchi*^o

* Dipartimento di Scienze del Sistema Nervoso e del Comportamento,
Università di Pavia
Piazza Botta, 27100 Pavia
e-mail: daniele.gatti@unipv.it
^oIRCCS Fondazione Mondino, Pavia
e-mail: vecchi@unipv.it

Ricevuto: 08.05.2020 - **Accettato:** 07.07.2020

Pubblicato online: 07.05.2021

Riassunto

L'oblio viene solitamente interpretato come un malfunzionamento della memoria, sebbene le evidenze sperimentali abbiano dimostrato che esso è una componente centrale all'interno del processo di memoria ed è più che una mera mancanza di ricordo. La memoria umana commette un grande numero di "errori", intesi come distorsioni o dimenticanze, i quali non compromettono la riuscita del processo ma, anzi, migliorano l'efficienza adattiva del ricordo. Queste evidenze portano a ritenere che la finalità della memoria non sia da ricercarsi tanto nella rievocazione del passato, quanto nelle funzionalità predittive che essa consente. In conclusione, è necessario abbandonare il dualismo ricordo-dimenticanza e abbracciare una visione più dinamica della memoria, che la consideri come un processo adattivamente fondato e orientato al futuro.

Parole Chiave: memoria, previsione, cervello.

D. Gatti & T. Vecchi / *Ricerche di Psicologia*, 2021, Vol. 44(1),
ISSN 0391-6081, ISSN^e 1972-5620, Doi: 10.3280/rip1-2021oa11586

Copyright © FrancoAngeli
This work is released under Creative Commons Attribution - Non-Commercial –
No Derivatives License. For terms and conditions of usage
please see: <http://creativecommons.org>

Abstract

Forgetfulness is usually considered as a memory impairment, although experimental evidence showed that it is a central element within cognitive processes and not simply a failure of memory. Human memory makes a great number of “errors”, that is distortions or lapses; however, these errors do not impair the process but, on the contrary, make retrieval more efficient. These considerations suggest to consider memory as a complex process in which the recall of information is not crucial. Rather, human memory has a predictive function based on our past experience. In sum, convergent items of evidence indicate that, in everyday life, the act of recall results from a very complex process involving modifications, transformation and forgettings that are necessary for the adaptive and future-oriented memory function.

Keywords: memory, prediction, cerebellum.

All'interno dell'ampio contributo scientifico di Marcello Cesa-Bianchi allo studio dei processi cognitivi e allo sviluppo delle discipline psicologiche in generale si trovano alcuni importanti lavori dedicati al rapporto tra ricordo e oblio (e.g., Cesa-Bianchi & Quadrio, 1988).

Già in epoca classica l'esercizio della memoria veniva considerato come un processo sostanzialmente duplice. Da un lato si trovava l'*ars memoriae*, ovvero l'utilizzo di strategie complesse – come la *tecnica dei loci* – per ricordare una quantità di informazioni superiore alla norma; dall'altro lato, seppur in maniera meno definita dal punto di vista teorico, si trovava l'arte di dimenticare, l'*ars oblivionis* (per una trattazione completa: Nikulin, 2015). L'oblio era visto come l'opportunità di rinnovamento della propria storia di vita, come il modo più pratico per riscrivere la propria narrativa. Questa duplicità si è persa via via, anche attraverso gli insegnamenti di Aristotele, il quale nel *De memoria* ha esplicitamente sostenuto che la memoria riguarda in maniera specifica il passato. L'assunzione aristotelica esclude in qualche modo la necessità di oblio, riducendo la memoria a un mero contenitore di informazioni, un'idea che tutt'ora permane nella visione popolare, e che vede il ricordo come qualcosa di positivo e il mancato ricordo come fonte di frustrazione. Le ricerche più recenti, invece, hanno fornito dati in ampia contraddizione con queste idee, dimostrando che è importante sia saper ricordare, sia saper dimenticare, in una continua interazione tra questi due processi (e.g., Akers et al., 2014). L'oblio è una componente centrale all'interno del processo di memoria ed è più che una mera assenza di ricordo, è necessario dunque abbandonare il dua-

lismo ricordo-dimenticanza e abbracciare una visione più dinamica della memoria. Con particolare riferimento ai processi cognitivi Cesa-Bianchi e Cioffi hanno sostenuto che:

“[...] un sistema di memoria che non dimenticasse risulterebbe estremamente inefficiente e richiederebbe una capacità di immagazzinamento illimitata con enormi problemi di recupero. Dobbiamo, quindi, pensare che un sistema efficiente di memoria debba operare dialetticamente tra processi di dimenticanza e di ricordo, ricordando e dimenticando selettivamente: ricordando ciò che rispetta determinati criteri [...] e dimenticando quanto non risponde a tali criteri” (Cesa-Bianchi & Cioffi, 1988, p.13).

L'importanza di dimenticare le informazioni non necessarie si esemplifica nella condizione psicologica di coloro che soffrono di *ipertimesia*. Gli individui con ipertimesia possiedono una memoria autobiografica straordinariamente sviluppata che consente loro di ricordare senza sforzi i dettagli di qualunque giorno della propria vita. Questa straordinaria capacità di ricordare compromette significativamente la qualità di vita, perché ogni comportamento richiama associativamente un ricordo, e ciò rende estremamente complessa l'esecuzione di qualunque compito (Luria, 1968).

Come riportato dagli stessi Cesa-Bianchi e Cioffi (1988) è stato proprio Ebbinghaus (1885), il padre della Psicologia della memoria, a descrivere una curva dell'oblio unitamente a una curva di apprendimento, rappresentandole in funzione del tempo. La descrizione di Ebbinghaus, però si riferiva solamente a uno dei tre aspetti principali di oblio, quello per *decadimento*.

L'oblio per decadimento è la componente più comunemente sperimentata di dimenticanza: col passare del tempo, le informazioni perdono i dettagli che le contraddistinguono, in favore di una forma semantica di mantenimento. Rimangono quindi solo gli aspetti centrali e più caratteristici di un certo evento, mentre tutto ciò che è contestuale viene lasciato decadere (Wiltgen & Silva, 2007, ma si vedano anche i lavori pionieristici di Bartlett, 1932).

Vi è poi una forma di oblio per *interferenza*, in cui le informazioni nuove vanno a competere con quelle esistenti e indeboliscono la capacità mnemonica (per una rassegna: Anderson, 2003). Se i contesti di apprendimento sono gli stessi, poi, è anche possibile che questo fatto generi distorsioni a livello di fonti mnemoniche, portando a incorporare il nuovo materiale in quello più vecchio; in questo caso si parla di aggiornamento contesto-dipendente del ricordo (e.g. Hupbach, Hardt, Gomez, & Nadel, 2008).

Infine, vi è un'ultima forma di oblio, detto *volontario*, che consiste nella messa in atto di meccanismi attivi e controllati allo scopo di selezionare quali informazioni mantenere e quali dimenticare. È proprio questo processo che Cesa-Bianchi e Cioffi hanno indagato in uno studio nel 1988. Gli autori hanno ipotizzato che questi processi consentano agli individui, non solo di selezionare le informazioni da ricordare, ma anche di ricordare con maggiore accuratezza quanto selezionato.

Cesa-Bianchi e Cioffi hanno utilizzato il paradigma di *directed forgetting* progettato da Bjork, Laberge e Legrand (1968), che consiste nella presentazione di vari stimoli congiuntamente alla richiesta di ricordarli (R-item) o dimenticarli (F-item), e hanno riportato risultati che corroboravano le loro ipotesi. Quando venivano fornite le istruzioni a ricordare/dimenticare, i partecipanti richiamavano un numero superiore di parole da ricordare rispetto al gruppo di controllo, e l'opposto avveniva con le parole da dimenticare, segno della corretta messa in atto di processi attivi di selezione del materiale.

Questi risultati sono complementari a quelli riportati successivamente in materia di riconsolidamento (Nader, Schafe, & Le Doux, 2000) e aggiornamento del ricordo (Hupbach et al., 2008) e consentono di descrivere con maggiore accuratezza un processo – l'oblio – che non appare più come il fallimento del sistema mnestico, quanto come la capacità di distinguere cosa vale la pena mantenere e cosa lasciare decadere. Con le parole di Cesa-Bianchi e Cioffi:

“In tale ottica, si considererebbe in termini unitari il processo mnestico che il soggetto controlla utilizzando strategie differenti al momento dell'immagazzinamento dell'informazione e della loro dimenticanza. Questi due momenti non sarebbero più da vedersi come aspetti del fenomeno mnestico contrapposti tra loro, ma sarebbero da considerarsi come fasi integranti di un processo di elaborazione più globale dell'informazione [...]. Le strategie per dimenticare, quindi, possono essere intese come dei processi psicologici che servono ad aggiornare i propri ricordi [...].” (Cesa-Bianchi & Cioffi, 1988, pp.19-20).

Le ricerche di Cesa-Bianchi sull'oblio e i risultati ottenuti possono essere inseriti in un contesto ancora più ampio e relativo alle finalità stesse del processo mnestico e ci portano di conseguenza chiederci se la memoria serva effettivamente a ricordare oppure se il ricordo faccia parte di un processo più generale, contraddistinto da differenti scopi a livello adattivo.

Con l'avvento del Cognitivismo, è andata via via diffondendosi la convinzione che esistesse una relazione tra il funzionamento cognitivo umano e quello del computer; a tal proposito si parla infatti di *metafora mente-computer*. Le ricerche in materia di memoria, però, hanno messo in luce un pattern differente: la mente non è riducibile al computer perché funziona in maniera diametralmente opposta. Il computer utilizza un sistema di memoria la cui finalità è chiaramente il mantenimento accurato delle informazioni immagazzinate; il mancato accesso a queste o la loro dimenticanza costituiscono gravi errori che si verificano raramente. La memoria umana, invece, commette un grande numero di "errori" (per una rassegna: Gallo, 2010; Loftus, 2005; Schacter, 2001), intesi come distorsioni o dimenticanze, e questi non compromettono la riuscita del processo, ma anzi, come dimostrato da Cesa-Bianchi e Cioffi (1988), migliorano l'accuratezza di quanto viene mantenuto.

Recentemente, Klein (2013) ha sostenuto che non è possibile considerare il ricordo come la finalità principale della memoria: nonostante tramite la memoria facciamo uso del ricordo, l'accuratezza di questa funzionalità è molto limitata, come se non si fosse evoluta in tal senso. In altre parole, il fatto che tramite la memoria siamo in grado di ricordare non implica automaticamente che il ricordo costituisca la sua finalità adattiva. Allo stesso modo, dobbiamo pensare che le caratteristiche della memoria umana siano state modellate dall'evoluzione e costituiscano un vantaggio a livello biologico. In uno stato di natura in cui è necessario lottare per la propria sopravvivenza "il ricordo accurato è straordinariamente superfluo" (Bartlett, 1932, p.204, traduzione nostra), mentre è indispensabile possedere un sistema che adatti attivamente le informazioni che conserva in base alle necessità del contesto, un sistema che *aggiorni* il ricordo (Gilbert & Wilson, 2007).

L'aggiornamento del ricordo deve necessariamente essere mediato dal successo/insuccesso legato al suo utilizzo, ovvero dalla sua utilità sul piano pratico. Esempi di forme di memoria che operano in questo modo sono legati al condizionamento (Pavlov, 1903, 1927; Skinner, 1938, Thorndike, 1898), in cui le contingenze e le conseguenze di un comportamento determinano il suo mantenimento e la messa in atto successiva.

Similmente, anche memoria di lavoro e memoria a lungo termine operano seguendo un orientamento verso il futuro. Per quanto riguarda la prima, la ritenzione delle informazioni è finalizzata allo svolgimento di un determinato compito e cessa nel momento in cui questo termina (Baddeley, Allen, & Hitch, 2011; Baddeley & Hitch, 1974). Anche in questo caso ricordo e oblio interagiscono dinamicamente ed è la dimenticanza del vecchio materiale che consente il ricordo di quello nuovo. In relazione alla seconda, la questione è più complessa. È evidente che i processi impliciti e

quelli procedurali siano legati a un aspetto futuro di elaborazione: determinate abilità motorie vengono mantenute – e sono state automatizzate – in funzione di un utilizzo futuro.

Anche la memoria semantica opera nella medesima direzione: la mancanza di dettagli consente di farne un utilizzo flessibile, ovvero orientato allo svolgimento di un dato compito. Nuovamente, nella costruzione del ricordo semantico entrano in gioco dinamiche di mantenimento di informazioni centrali e regolarità statistiche e di oblio per dettagli contestuali marginali, nonché di trasformazione da traccia episodica a semantica, un processo noto come consolidamento (per evidenze e rassegne: Corkin, 2002; Viskontas, Carr, Engel, & Knowlton, 2009; Winocur & Moscovitch, 2011).

Infine, in relazione alla memoria episodica, numerosi studi di neuroimagine hanno mostrato che l'esercizio del ricordo e della prospezione futura sono legati all'attività dello stesso sistema di aree cerebrali (per evidenze e rassegne: Addis, Pan, Vu, Laiser, & Schacter, 2009; Schacter, 2012; Schacter, Addis, & Buckner, 2007), come se le stesse conoscenze episodiche fossero utilizzate per ricostruire il passato e cercare di prevedere il futuro (Klein, 2013).

Recentemente, per spiegare queste dinamiche abbiamo sostenuto che la finalità della memoria non sia da ricercarsi nella rievocazione del passato, quanto nelle funzionalità predittive che questa consente; e abbiamo anche proposto che il cervelletto debba essere considerato come il substrato neurale maggiormente significativo per una memoria orientata al futuro in cui i processi di previsione hanno una importanza cruciale (Gatti, & Vecchi, 2019; 2020; Gatti, VanVugt, & Vecchi, 2020).

Il cervelletto è stato tradizionalmente collegato ai processi di coordinazione motoria, ma recentemente sono state riportate evidenze circa un suo coinvolgimento anche nei domini cognitivi superiori (per una rassegna: Adamaszek et al., 2016; Baumann et al., 2015; D'Angelo & Casali, 2012; Koziol et al., 2014; Manto et al., 2012; Mariën et al., 2014; e per una discussione generale: D'Angelo, 2019). Va specificato che il cervelletto – da solo – contiene più della metà dei neuroni del sistema nervoso centrale (Von Bartheld, Bahney, & Herculano-Houzel, 2016), oltre settanta miliardi di neuroni. Questo dato (unitamente all'insieme della afferenze ed efferenze tra corteccia cerebrale, sistema limbico e cervelletto) indica con buona precisione i domini cognitivi in cui il cervelletto pare avere un ruolo significativo

Il cervelletto è densamente connesso alla corteccia cerebrale (e.g., Dum & Strick, 2003; Kelly & Strick, 2003; Sokolov, Erb, Grodd, & Pavlova, 2014; Strick, Dum, & Fiez, 2009), sia alle aree parietali implicate nella programmazione ed esecuzione motoria, sia ad aree prefrontali rile-

vanti per le funzioni attentive e di coordinamento cognitivo. Inoltre, sembrano particolarmente significativi i collegamenti tra cervelletto e sistema limbico all'interno di un network fronto- limbico-cerebellare che riesce a legare le funzioni cerebellari con il più ampio contesto predittivo implicato nelle funzioni emotive, motorie e cognitive superiori (per una rassegna recente: Schmahmann, 2019).

In relazione alla sfera motoria, ad esempio, è stato riportato che il cervelletto è coinvolto nell'adattamento (una forma di aggiornamento) saccadico a seguito di errori coerenti in una direzione (Desmurget et al., 1998; Liem et al., 2013; Van Broekhoven et al., 2009); nella sfera cognitiva, quindi, verrebbero messe in atto le stesse dinamiche di aggiornamento mnestico. Inoltre, questa uniformità funzionale è garantita dalla sua uniformità strutturale a livello neurale (Ramnani, 2006).

In conclusione, tornando al rapporto tra ricordo e dimenticanza, è necessario che queste due componenti vengano integrate – unitamente agli aspetti di trasformazione e aggiornamento – in un quadro mnestico unitario che possa pienamente rendere conto della complessità dei processi di memoria. Sono gli stessi processi che generalmente vengono ignorati in funzione di un'attenzione selettiva per il ricordo che caratterizzano in maniera specifica l'atto mnestico: ricordare significa principalmente trasformare, aggiornare e dimenticare.

Come si evince dalla presente trattazione, il contributo scientifico di Marcello Cesa-Bianchi ha consentito di comprendere, già diversi decenni or sono, le molteplici componenti cognitive che intervengono nell'atto mnestico, valorizzando aspetti come l'oblio e inquadrando la memoria in un sistema complesso di funzioni in cui il ricordo *per se* è solo una delle componenti implicate. In una prospettiva più generale, i risultati presentati da Cesa-Bianchi e Cioffi in materia di oblio, unitamente a quelli su trasformazione del ricordo e distorsioni mnestiche, portano a ritenere che la memoria sia un sistema orientato al futuro – la previsione – piuttosto che al passato – il ricordo. È evidente che la nostra memoria è intimamente legata al passato, dipende dal passato perché alla base dei ricordi vi è necessariamente un atto esperienziale, ma riguarda il futuro perché è in quel contesto che avviene il suo utilizzo adattivo (Klein, 2013).

Riferimenti bibliografici

Adamaszek, M., D'Agata, F., Ferrucci, R., Habas, C., Keulen, S., Kirkby, K.C., & Verhoeven, J. (2016). Consensus Paper: Cerebellum and emotion. *The Cerebellum*, 16(2), 552-576.

- Addis, D.R., Pan, L., Vu, M.A., Laiser, N., & Schacter, D.L. (2009). Constructive episodic simulation of the future and the past: Distinct subsystems of a core brain network mediate imagining and remembering. *Neuropsychologia*, 47(11), 2222-2238.
- Akers, K.G., Martinez-Canabal, A., Restivo, L., Yiu, A.P., De Cristofaro, A., Hsiang, H.L.L., & Ohira, K. (2014). Hippocampal neurogenesis regulates forgetting during adulthood and infancy. *Science*, 344(6184), 598-602.
- Anderson, M.C. (2003). Rethinking interference theory: Executive control and the mechanisms of forgetting. *Journal of Memory and Language*, 49(4), 415-445.
- Baddeley, A.D., & Hitch, G.J. (1974). Working memory. In G. Bower (Ed.), *Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory* (47-89). New York: Academic Press.
- Baddeley, A.D., Allen, R.J., & Hitch, G.J. (2011). Binding in visual working memory: The role of the episodic buffer. *Neuropsychologia*, 49(6), 1393-1400.
- Bartlett, F.C. (1932). *Remembering*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Baumann, O., Borra, R.J., Bower, J.M., Cullen, K.E., Habas, C., Ivry, R., ... & Sokolov, A.A. (2015). Consensus Paper: The Role of the Cerebellum in Perceptual Processes. *The Cerebellum*, 14(2), 197-220.
- Bjork, R.A., Laberge, D., & Legrand, R. (1968). The modification of short-term memory through instructions to forget. *Psychonomic Science*, 10, 55-56.
- Cesa-Bianchi, M., & Quadrio A. (1988). *Dimenticare per ricordare e dimenticare per conoscere*, Milano: FrancoAngeli
- Cesa-Bianchi, M., Cioffi G. (1988). Il concetto di oblio e di dimenticanza volontaria, in M. Cesa-Bianchi, A. Quadrio (a cura di), *Dimenticare per ricordare e dimenticare per conoscere*, Milano: FrancoAngeli, 13-47.
- Corkin, S. (2002). What's new with the amnesic patient H. M.? *Nature Reviews Neuroscience*, 3(2), 153-160.
- Cristini, C., & Porro, A. (2017). Per un'ergobiografia di Marcello Cesa-Bianchi. *Ricerche di psicologia*, 40(4), 443-528.
- D'Angelo, E. (2019). The cerebellum gets social. *Science*, 363(6424), 229-229.
- D'Angelo, E., & Casali, S. (2012). Seeking a unified framework for cerebellar function and dysfunction: from circuit operations to cognition. *Frontiers in Neural Circuits*, 6, 116.
- Desmurget, M., Pélisson, D., Urquizar, C., Prablanc, C., Alexander, G.E., & Grafton, S.T. (1998). Functional anatomy of saccadic adaptation in humans. *Nature Neuroscience*, 1(6), 524-528.
- Dum, R., & Strick, P. (2003). An Unfolded Map of the Cerebellar Dentate Nucleus and its Projections to the Cerebral Cortex. *Journal Neurophysiology*, 89(1), 634-639.
- Ebbinghaus, H. (1885/1964). *Memory: A contribution to experimental psychology*. New York: Dover.
- Gallo, D.A. (2010). False memories and fantastic beliefs: 15 years of the DRM illusion. *Memory & Cognition*, 38(7), 833-848.

- Gatti, D., & Vecchi, T. (2019). *Memoria. Dal ricordo alla previsione*. Roma: Carocci Editore.
- Gatti, D., & Vecchi, T. (2020). *Che cos'è la memoria*. Roma: Carocci Editore.
- Gatti, D., VanVugt, F., & Vecchi, T. (2020). A causal role for the cerebellum in semantic integration: a transcranial magnetic stimulation study. *Scientific Reports*, 10(18139), 1-12.
- Gilbert, D.T., & Wilson, T.D. (2007). Propection: Experiencing the Future. *Science*, 317(5843), 1351-1354.
- Hupbach, A., Hardt, O., Gomez, R., & Nadel, L. (2008). The dynamics of memory: Context-dependent updating. *Learning & Memory*, 15(8), 574-579.
- Kelly, R.M., & Strick, P.L. (2003). Cerebellar loops with motor cortex and prefrontal cortex of a nonhuman primate. *The Journal of Neuroscience*, 23(23), 8432-8444.
- Klein, S.B. (2013). The temporal orientation of memory: It's time for a change of direction. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 2(4), 222-234.
- Koziol, L.F., Budding, D., Andreasen, N., D'Arrigo, S., Bulgheroni, S., Imamizu, H., & Yamazaki, T. (2014). Consensus paper: The cerebellum's role in movement and cognition. *The Cerebellum*, 13(1), 151-177.
- Liem, E.I., Frens, M.A., Smiths, M., & Van der Geest, J.N. (2013). Cerebellar Activation Related to Saccadic Inaccuracies. *The Cerebellum*, 12(2), 224-235.
- Loftus, E.F. (2005). Planting misinformation in the human mind: A 30 year investigation of the malleability of memory. *Learning & Memory*, 12(4), 361-366.
- Luria, A.R. (1968). *The mind of a mnemonist: A little book about a vast memory*. Cambridge: Harvard University Press.
- Manto, M.U., Bower, J.M., Conforto, A.B., Delgado-García, J.M., Da Guarda, S.N., Gerwig, M., & Timmann, D. (2012). Consensus paper: Roles of the cerebellum in motor control-the diversity of ideas on cerebellar involvement in movement. *The Cerebellum*, 11(2), 457-487.
- Mariën, P., Ackermann, H., Adamaszek, M., Barwood, C.H., Beaton, A., Desmond, J., ... & Stoodley, C.J. (2014). Consensus Paper: Language and the Cerebellum: an Ongoing Enigma. *The Cerebellum*, 13(3), 386-410.
- Nader, K., Schafe, G.E., & Le Doux, J.E. (2000). Fear memories require protein synthesis in the amygdala for reconsolidation after retrieval. *Nature*, 406(6797), 722.
- Nikulin, D. (Ed.). (2015). *Memory: A history*. Oxford University Press.
- Pavlov, I.P. (1903). The experimental psychology and psychopathology of animals. In *14th international medical congress*. Madrid, Spain.
- Pavlov, I.P. (1927). *Conditioned reflexes: an investigation of the physiological activity of the cerebral cortex*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Ramnani, N. (2006). The primate cortico-cerebellar system: Anatomy and function. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(7), 511-522.
- Schacter, D.L. (2001). *The seven sins of memory: How the mind forgets and remembers*. Boston: Houghton, Mifflin and Company.

- Schacter, D.L. (2012). Constructive memory: past and future. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 14(1), 7-18.
- Schacter, D.L., Addis, D.R., & Buckner, R.L. (2007). Remembering the past to imagine the future: the prospective brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(9), 657.
- Schmahmann, J.D. (2019). The cerebellum and cognition. *Neuroscience Letters*, 688, 62-75.
- Skinner, B.F. (1938). *The Behavior of Organisms: An Experimental Analysis*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Sokolov, A.A., Erb, M., Grodd, W., & Pavlova, M.A. (2014). Structural loop between the cerebellum and the superior temporal sulcus: Evidence from diffusion tensor imaging. *Cerebral Cortex*, 24(3), 626-632.
- Strick, P.L., Dum, R.P., & Fiez, J.A. (2009). Cerebellum and nonmotor function. *Annual Reviews Neuroscience*, 32, 413-434.
- Thorndike, E.L. (1898). Animal intelligence: An experimental study of the associative processes in animals. *Psychological Review Monograph Supplement*, 2(4).
- Van Broekhoven, P.C., Schraa-Tam, C.K., Van Der Lugt, A., Smits, M., Frens, M.A., & Van Der Geest, J.N. (2009). Cerebellar contributions to the processing of saccadic errors. *The Cerebellum*, 8(3), 403-415.
- Vecchi, T. & Gatti, D. (2020). *Memory as prediction: From looking back to looking forward*.
- Viskontas, I.V., Carr, V.A., Engel, S.A., & Knowlton, B.J. (2009). The neural correlates of recollection: Hippocampal activation declines as episodic memory fades. *Hippocampus*, 19(3), 265-272.
- Von Bartheld, C.S., Bahney, J., & Herculano-Houzel, S. (2016). The search for true numbers of neurons and glial cells in the human brain: A review of 150 years of cell counting. *Journal of Comparative Neurology*, 524(18), 3865-3895.
- Wiltgen, B.J., & Silva, A.J. (2007). Memory for context becomes less specific with time. *Learning & Memory*, 14(4), 313-317.
- Winocur, G., & Moscovitch, M. (2011). Memory Transformation and Systems Consolidation. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17(05), 766-780.