

# Ucząc innych, uczymy siebie – jak sposób czytania wpływa na zapamiętywanie?

Julia Gwiazda, Martyna Hajduk

Gdański Uniwersytet Medyczny

## Abstrakt

Celem eksperymentu jest opisanie wpływu modalności sensorycznych na zapamiętywanie. Efektywność zapamiętywania zależy od typu sensorycznej informacji zwrotnej, co tłumaczy Teoria Centralnego Monitorowania (*Central Monitoring Theory*). Wyjaśnia ona lepsze zapamiętywanie przy czytaniu treści na głos w porównaniu z czytaniem po cichu. Nie uwzględnia ona jednak efektu czytania na głos bezpośrednio do drugiej osoby, co jest tematem naszego badania. 24 badanych (12 kobiet, 12 mężczyzn,  $M_{\text{wiek}} = 20,50$ ;  $SD = 2,69$ ) miało za zadanie czytać niezwiązane ze sobą słowa w czterech różnych warunkach: na głos do badacza, na głos do siebie, po cichu poruszając ustami oraz po cichu w myślach. Następnie uczestnicy po odroczeniu wypełniali test, w którym dopasowywali te warunki do nauczonych słów. Poniższe badanie ukazuje, jak interakcja między mówcą a odbiorcą wpływa na efekty sensorycznej informacji zwrotnej na zapamiętywanie wymawianych pozycji – informacja kierowana do słuchacza jest zapamiętywana lepiej niż w innych warunkach.

**Słowa kluczowe:** pamięć, sensoryczna informacja zwrotna, produkcja werbalna

## 1. Wstęp

Działanie ukierunkowane wywołuje czuciową informację zwrotną (*sensory feedback*). Służy ona do dalszego planowania czynności, ale też przyczynia się do tworzenia śladu pamięciowego tego działania i poczucia jego wykonania – określamy to poczuciem sprawczości (*sense of agency*; Gallagher, 2000). Badania nad poczuciem sprawczości mogą dotyczyć wpływu różnych modalności zmysłowych (*sensory modalities*) na uczenie się działań, w tym ekspresji werbalnych.

W odniesieniu do pamięci własnych działań, Synofzik, Vosgerau, & Newen (2008a,b) opisali, że wiedza jednostki o jej działaniu może opierać się na dwustopniowym procesie. Pierwszy stopień to w dużej mierze nieświadomione kontrolowanie sensomotoryczne (*sensorimotor monitoring*), które pojawia się w trakcie wykonywania czynności (poczucie działania, *feeling of agency*). Następnie jest proces refleksyjny (ocena działania, *judgment of agency*) bazujący na pamięci o wydarzeniach towarzyszących czynności (Carruthers, 2009).

Ocena działania pociąga za sobą kontrolowanie informacji sensomotorycznej. Ta informacja wspomaga pamięć własnych działań (David, 2010; David, Newen, & Vogeley, 2008). Zostało to opisane w badaniach z zadaniami z samokontrolą werbalną (*verbal self-monitoring*), gdzie ukazane

jest, że słowa wypowiedziane na głos tworzą bardziej wytrzymałe ślady pamięciowe w porównaniu do tych wypowiedzianych po cichu lub przez innych (Daprati, Nico, Franck, & Sirigu, 2003; Sugimori, Asai, & Tanno, 2011). To sugeruje, że kontrola własnej informacji zwrotnej sensomotorycznej wzmacnia pamięć działania jednostki.

Poniższe badanie dotyczy wpływu kontekstu komunikatywnego na efekty informacji zwrotnej sensomotorycznej na pamięć werbalną. W dalszej części opisujemy, jak teorie dotyczące sprawczości odnoszą się do efektów produkcji na pamięć wypowiedzianych form.

Poczucie sprawczości występuje w Teorii Centralnego Monitorowania (*Central Monitoring Theory*, C. Frith, 2005; C. D. Frith, Blakemore, & Wolpert, 2000), która opiera się na badaniach nad kontrolą motoryczną i uczeniem się (Blakemore, Wolpert, & Frith, 1998; Blakemore, Frith, & Wolpert, 2001; Frith, 1992; Kawato, 1999; Wolpert, Ghahramani, & Jordan, 1995). Mówi ona, że powtarzając działanie, efekty sensoryczne początkowo związane z jego wykonaniem, później są związane już z samymi poleceniami motorycznymi i w ten sposób dostarczają wskazówek percepcyjnych do dalszego działania. Teoria Centralnego Monitorowania opisuje, że działania wypracowane, oprócz sygnałów eferentnych, wytwarzają równoległe eferentną kopię lub *reafferentną kopię* (von Holst & Mittelstaedt, 1950), a to z kolei stanowi model służący do przewidywania czuciowych konsekwencji ruchów (*forward model*). W trakcie wykonywania działań, model jest porównywany do faktycznych sensorycznych efektów. Gdy oba korespondują, wtedy efekty sensoryczne są hamowane, a to pozwala na rozróżnienie między pamięcią własnych wrażeń (*self-generated*) a pamięcią wrażeń odbieranych z zewnątrz (Blakemore, Wolpert, & Frith, 2000).

Frith, Rees, & Friston (1998) rozpoznali, że słabością Teorii Centralnego Monitorowania jest to, że dotyczy tylko jawnych (widocznie wykonywanych) ruchów, chociaż ukryte (wyobrażane) ruchy też mogą mieć wpływ na pamięć i ocenę działania (*agency judgment*). Wyobrażanie sobie ruchów może wzmacniać uczenie się czynności (Jeannerod, 1995), więc wewnętrzny model może być stworzony bez jawnych ruchów (Wolpert, Ghahramani, & Flanagan, 2001). Blakemore, Wolpert, & Frith (2002) sugerują, że w tym rodzaju uczenia się, jednostki wyobrażają sobie ruchy, które najprawdopodobniej doprowadzą do osiągnięcia pożądanego stanu. Chociaż ta informacja nie jest wysyłana do procesów motorycznych, czyli wyobrażone ruchy nie są egzekwowane, służy to do stworzenia modelu porównania efektów sensorycznych różnych ruchów. Jeżeli spodziewane efekty wyobrażonych działań nie pasują do poświadczonych wyników, wtedy informacje o wyobrażanych ruchach są modyfikowane i następuje uczenie się.

Teoria Centralnego Monitorowania jest bezpośrednio związana z pracą mózdzku i kory ciemieniowej (Blakemore et al., 2001; David, 2010; Ito, 2012; Koziol, Budding, & Chidekel, 2012). Uczenie się nowych czynności i sekwencji czynności najpierw rozwija się świadomie i obejmuje sygnały z kory przedruchowej, pierwszorzędowej kory ruchowej oraz kory skroniowo-

ciemieniowej. Gdy proces uczenia się jest kontynuowany, kora ciemieniowa zdobywa informacje (Daprati, Sirigu, & Nico, 2010), które są kopiowane przez mózdzek do tworzenia wewnętrznych modeli dzięki obwodowi mózgowo-mózdkowemu i systemowi włókien omszonych (Kozioł et al., 2012). Pozwalają one mózdkowi kopiować zawartość świadomej pamięci roboczej (Ito, 2005). Modele te zawierają wszystkie informacje niezbędne do wyegzekwowania ruchu i są dopasowywane w miarę powtarzania ruchów (Ito, 2008). W końcu, obwód mózgowo-mózdkowy rzutuje najbardziej wydajne zachowanie do regionów motorycznych kory, która je przechowuje (Doyon et al., 2002; Galea, Vazquez, Pasricha, de Xivry, & Celnik, 2011; Houk et al., 2007; Kozioł et al., 2012).

W przypadku produkcji werbalnych, kontrola informacji zwrotnej z własnej mowy wykazuje zaangażowanie tych samych sieci struktur, co kontrolowanie mowy odbieranej z zewnątrz (McGuire, Silbersweig, & Frith, 1996). Badania wykazały, że informacja zwrotna w trakcie mowy jest związana z hamowaniem aktywności w korze skroniowo-ciemieniowej (korze słuchowej). To bezpośrednio odnosi się do Teorii Centralnego Monitorowania w tym, że efekty sensoryczne własnych działań są hamowane (Christoffels, de Van den, Waldorp, Formisano, & Schiller, 2011; Fu et al., 2006).

Z powyższej dyskusji można wnioskować, że pamięć wymówionych pozycji łączy się z kontrolowaniem informacji zwrotnej sensomotorycznej podobnie jak pamięć o działaniu. To domniemają badania kontroli nad mową, gdzie efekty informacji zwrotnej sensorycznej są badane przez zadania werbalnej samokontroli, które zawierają produkowanie słów w różnych warunkach, z pominięciem efektu interakcji mówca-odbiorca (Cahill, 1996; Christoffels et al., 2011; Fu et al., 2006; Goldberg, Gold, Coppola, & Weinberger, 1997; Johns & McGuire, 1999; Sugimori et al., 2011; Sugimori, Asai, & Tanno, 2013). Przyjmuje się, że wspólna uwaga (*joint attention*), która jest osiągnięta przez kontakt wzrokowy, wspiera uczeniu się słów i nowych ekspresji (Baldwin, 1995; Farrant & Zubrick, 2011; Hirotani, Stets, Striano, & Friederici, 2009; Morales, Mundy, & Rojas, 1998).

Łączenie się tych efektów z procesem centralnej kontroli (*central monitoring*) nie zostało uwzględnione w Teorii Centralnego Monitorowania, pomimo dowodów klinicznych wkładu mózdku w kontrolowanie uwagi wizualnej (Courchesne et al., 1994). Powodem jest to, że efekty interakcji mówca-odbiorca na procesy neuralne nie podlegają badaniom używającym technik obrazowania mózgu (Pfeiffer, Vogeley, & Schilbach, 2013; Schilbach et al., 2006).

Nasza praca zakłada, że czytanie słów na głos wspiera przywoływanie w porównaniu do cichej nauki słów (Macleod, Gopie, Hourihan, Neary, & Ozubko, 2010), co nazywa się efektem produkcji (*production effect*). Słowa wypowiedane na głos są lepiej zapamiętane, ponieważ odrębna informacja jest doświadczana w kodowaniu i może być odtworzona w momencie przypominania (Macleod et al., 2010; Ozubko, Major, & MacLeod, 2014). Efekt produkcji jest również obecny, ale w mniejszym stopniu, kiedy słowa są wypowiedane po cichu z poruszaniem ust (Forrin, MacLeod, & Ozubko, 2012). W naszej pracy uczestnicy wypowiadają słowa przez mówienie na głos do badacza z

nawiązaniem kontaktu wzrokowego, mówienie na głos do siebie, mówienie po cichu poruszając ustami oraz czytając w myślach. Po zadaniu odraczącym, są proszeni o dopasowania sposobu wypowiedzenia do podanych słów (wcześniej występujących i 10, które nie wystąpiły). Tutaj skupiamy się na tym, jak mówienie do kogoś zmienia wpływ informacji zwrotnej na pamięć słów.

Nasze badanie jest replikacją badania Lafleur & Boucher (2015). Badacze uwzględnili tam i rozwinęli badanie Sugimori et al. (2011), w którym badani wypowiadali słowa podczas głośnego hałasu maskującego, który usuwa informację zwrotną akustyczną. Zostało wtedy zaobserwowane, że przywoływanie form wypowiedzianych na głos w tym stanie nie było lepsze od przywoływania form wypowiedzianych jedynie przez poruszanie ustami, mimo, że oba stany znacznie poprawiły pamięć. W replikowanym badaniu opisano, jak kontakt wzrokowy w trakcie mówienia zmienia efekty informacji zwrotnej oro-sensorycznej na pamięć wyprodukowanych form. W naszym badaniu uwzględniamy informację zwrotną akustyczną, pomijając hałas maskujący. W ten sposób oddaje ono bardziej rzeczywiste warunki uczenia się.

Nasza hipoteza pokrywa się z hipotezą replikowanego badania. Przypuszcza się, że słowa wypowiedziane na głos z nawiązaniem kontaktu wzrokowego zapamiętuje się lepiej niż w warunkach czytania na głos do siebie, czytania po cichu poruszając ustami oraz czytania w myślach.

## **2. Metoda**

### **2.1 Uczestnicy**

W badaniu wzięły udział 24 osoby (12 kobiet, 12 mężczyzn) w wieku od 18 do 28 lat ( $M_{\text{wiek}} = 20,50$ ;  $SD = 2,69$ ). Wszyscy uczestnicy byli rodzimymi użytkownikami języka polskiego.

### **2.2 Materiały i procedura**

W fazie uczenia się użyto 52 słów (włączając 8 słów próbnych) wybranych z listy frekwencyjnej leksemów w języku polskim (Kazojć, 2009). Wybranymi słowami były najczęściej używane dwusylabowe rzeczowniki. Wyświetlano je badanym na laptopie przy użyciu prezentacji *PowerPoint*. Każde słowo było napisane na oddzielnym slajdzie czcionką *Calibri Light* wielkości 199 na białym tle. Kolejność słów w prezentacji dla każdego uczestnika była losowa. Badani wyrazili ustną zgodę na udział w eksperymencie.

Badani siadali przy stole przed laptopem, a badacz naprzeciwko nich. Na początku eksperymentu była wyświetlona instrukcja dotycząca sposobu wypowiadania słów przez uczestników. Były cztery warunki wypowiadania: na głos do badacza (z nawiązaniem kontaktu wzrokowego), na głos do siebie, po cichu do siebie poruszając ustami oraz w myślach. Instrukcja do danego słowa była wyświetlana przez 3,5 s, potem dane słowo przez 5 s (łącznie każdy slajd trwał 8,5 s). Najpierw było 8

słów próbnych (dla każdego warunku po 2 słowa), potem 44 słowa do nauczenia się (dla każdego warunku po 11 słów).

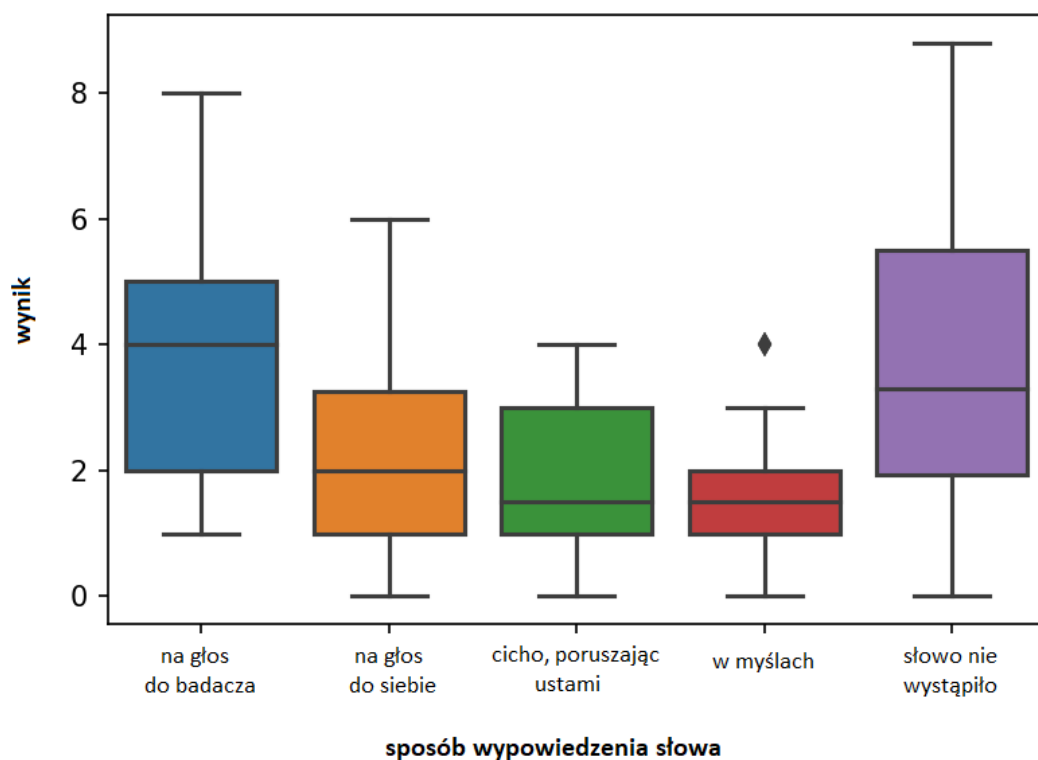
Po fazie uczenia się, badani w celu odroczenia odpowiedzi na pytania z wiedzy ogólnej przez 5 minut. Po tym czasie otrzymywali test, na którym znajdowały się wszystkie wyuczone słowa oraz 10 słów, które się nie pojawiły. Uczestnicy mieli za zadanie dopasować sposób wypowiedzenia do danego słowa zgodnie z tym, jak je wypowiedzieli w fazie uczenia się (dodatkowo mogli dopasować „słowo nie wystąpiło” oraz zostawić puste pole, jeżeli nie pamiętali słowa). Test wypełniali bez ograniczenia czasowego.

### 2.3 Analiza statystyczna

W celu zbadania wpływu sposobu czytania na pamięć słów wykonano jednoczynnikową analizę wariancji. Do porównań par średnich zastosowano test *post-hoc* Tukey HSD. Wszystkie obliczenia wykonano w języku Python przy użyciu bibliotek *Pandas*, *Numpy* i *Statsmodels*. Wykres przygotowano przy użyciu biblioteki *Seaborn*.

## 3. Wyniki

Wyniki dopasowania sposobu czytania do słów zostały przedstawione na Rycinie 1. Średnio słowa wypowiedziane na głos do badacza były najlepiej rozpoznane ( $M = 3,88$ ,  $SD = 2,11$ ). Średnia rozpoznania słów wypowiedzianych na głos do siebie wynosi 2,33 ( $SD = 1,83$ ), słów wypowiedzianych po cichu poruszając ustami wynosi 1,79 ( $SD = 1,10$ ), a słów przeczytanych w myślach wynosi 1,67 ( $SD = 1,24$ ). Jednoczynnikowa analiza wariancji wykazała istotny wpływ sposobu czytania na zapamiętanie słów ( $F(4,115) = 7,738$ ,  $p < 0,001$ ).



Rycina 1. Wyniki dopasowania sposobu przeczytania do słów podanych w teście.

Testy *post-hoc* wykazały istotne różnice ( $p < 0,05$ ) pomiędzy warunkiem wypowiedzenia na głos do badacza a na głos do siebie, na głos do badacza a po cichu poruszając ustami oraz na głos do badacza a czytając w myślach. Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy warunkiem wypowiedzenia na głos do siebie a po cichu poruszając ustami, na głos do siebie a w myślach oraz po cichu poruszając ustami a w myślach.

## 4. Dyskusja

Jak przypuszczano, efekty informacji zwrotnej oro-sensorycznej wraz z akustyczną z jednoczesnym kontaktem mówca-odbiorca wspiera pamięć uczonych się słów. Badanie wykazało, że czytanie na głos do innej osoby powoduje lepsze zapamiętywanie informacji niż w przypadku innych warunków - czytanie na głos do siebie, czytanie po cichu poruszając ustami oraz czytanie w myślach. Mimo, że wykres na Rycinie 1. sugeruje gradację, nie wykazano istotnych statystycznie różnic między pozostałymi warunkami. To nie odzwierciedla badań, które ukazują, że słowa wymówione na głos są lepiej zapamiętywane niż te wymówione cicho (Daprati et al., 2003; Sugimori et al., 2011).

Nasze wyniki po części pokrywają się z wynikami replikowanego przez nas badania, gdzie również jest istotna różnica między zapamiętaniem słów wypowiedzianych na głos do badacza a na

głos do siebie. Stwierdzono również istotną różnicę między warunkiem czytania po cichu poruszając ustami a czytania w myślach, czego nie odzwierciedlają nasze wyniki.

Rezultaty naszego badania sugerują, że uwaga wizualna w kontakcie wzrokowym między mówcą a odbiorcą, wpływa na efekty kontroli sensorycznej w wypowiedaniu słów. Jak już zauważono, Teoria Centralnego Monitorowania nie uwzględnia tych efektów w procesach mózdkowych – pomimo tego, że wcześniejsze badania sugerują, że mózdek jest związany z kontrolą uwagi wizualnej (Courchesne et al., 1994; Dubeau, Iacobini, Koski, & Mazziotta, 2001). Natomiast badania z udziałem neuroobrazowania potwierdzają, że zadania z uwagą wizualną wzmacniają połączenia między mózdkiem a korą wzrokową, korą ciemieniową i częścią kory przedczołowej (Habas et al., 2009; Kellermann et al., 2012). Te wyniki ukazują powiązanie mózdku z procesami poznawczymi, takimi jak funkcje wykonawcze i pamięć operacyjna (Stoodley & Schmahmann, 2009). To oznacza, że Teoria Centralnego Monitorowania, która opisuje pracę mózdku, może wyjaśniać wynik zapamiętania słów w warunku czytania do badacza z nawiązaniem kontaktu wzrokowego, biorąc pod uwagę pośredniczący wpływ uwagi wizualnej.

Podsumowując, nasze i poprzednie badania uwzględniające samokontrolę jako środek do określania efektów informacji zwrotnej sensorycznej na pamięć słów, przyczyniają się do ukazania ważności badań nad samokontrolą i Teorią Centralnego Monitorowania w obszarze nauki języka - w szczególności roli kontaktu wzrokowego.

## 5. Bibliografia

- Baldwin, D. A. (1995). Understanding the Link between Joint Attention and Language. In C. Moore & P. J. Dunham (Eds.), *Joint attention: Its origins and role in development* (pp. 131–158). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Blakemore, S. J., Wolpert, D. M., & Frith, C. D. (2002). Abnormalities in the awareness of action. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(6), 237–242. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12039604>
- Blakemore, Sarah-J., Wolpert, D. M., & Frith, C. D. (1998). Central cancellation of self-produced tickle sensation. *Nature Neuroscience*, 1(7), 635–640. <https://doi.org/10.1038/2870>
- Blakemore, Sarah-J., Frith, C. D., & Wolpert, D. M. (2001). *The cerebellum is involved in predicting the sensory consequences of action*. Retrieved from <http://www>.
- Blakemore, Sarah-Jayne, Wolpert, D. M., & Frith, C. D. (2000). Why Can't You Tickle Yourself? *NeuroReport*, 11(11), 11–16.
- Cahill, C. (1996). Psychotic Experiences Induced in Deluded Patients Using Distorted Auditory Feedback. *Cognitive Neuropsychiatry*, 1(3), 201–211. <https://doi.org/10.1080/135468096396505>

205 Carruthers, G. (2009). Commentary on Synofzik, Vosgerau and Newen 2008. *Consciousness and*  
206 *Cognition*, 18(2), 515–520. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2008.05.006>

207 Christoffels, I. K., de Van ven, V., Waldorp, L. J., Formisano, E., & Schiller, N. O. (2011). The  
208 sensory consequences of speaking: Parametric neural cancellation during speech in auditory  
209 cortex. *PLoS ONE*, 6(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018307>

210 Courchesne, E., Townsend, J., Akshoomoff, N., Saitoh, O., Yeung-Courchesne, R., Lincoln, A., ...  
211 Lau, L. (1994). Impairment in shifting attention in autistic and cerebellar patients. *Behavioral*  
212 *Neuroscience*, 108(5), 848–865.

213 Daprati, E., Nico, D., Franck, N., & Sirigu, A. (2003). Being the agent: memory for action events.  
214 *Consciousness and Cognition*, 12(4), 670–683. Retrieved from  
215 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14656509>

216 Daprati, E., Sirigu, A., & Nico, D. (2010). Body and movement: Consciousness in the parietal lobes.  
217 *Neuropsychologia*, 48(3), 756–762. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.10.008>

218 David, N. (2010). Functional Anatomy of the Sense of Agency: Past Evidence and Future Directions.  
219 In *Neuropsychology of the Sense of Agency* (pp. 69–80).  
220 <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-88-470-1587-6>

221 David, N., Newen, A., & Vogeley, K. (2008). The “sense of agency” and its underlying cognitive and  
222 neural mechanisms. *Consciousness and Cognition*, 17(2), 523–534.  
223 <https://doi.org/10.1016/j.concog.2008.03.004>

224 Doyon, J., Song, A. W., Karni, A., Lalonde, F., Adams, M. M., & Ungerleider, L. G. (2002).  
225 Experience-dependent changes in cerebellar contributions to motor sequence learning.  
226 *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(2), 1017–1022.  
227 <https://doi.org/10.1073/pnas.022615199>

228 Dubeau, M. C., Iacobini, M., Koski, L. M., & Mazziotta, J. C. (2001). Gaze and joint attention: The  
229 role of the cerebellum. *NeuroImage*, 13, S1157.

230 Farrant, B. M., & Zubrick, S. R. (2011). Early vocabulary development: The importance of joint  
231 attention and parent-child book reading. *First Language*, 32(3), 343–364.

232 Forrin, N. D., MacLeod, C. M., & Ozubko, J. D. (2012). Widening the boundaries of the production  
233 effect. *Memory and Cognition*, 40(7), 1046–1055. <https://doi.org/10.3758/s13421-012-0210-8>

234 Frith, C. (2005). The self in action: Lessons from delusions of control. *Consciousness and Cognition*,  
235 14(4), 752–770. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2005.04.002>

236 Frith, C., Rees, G., & Friston, K. (1998). Psychosis and the Experience of self. Brain systems



underlying self-monitoring. *Annals of New York Academy of Sciences*, 843, 170–178.

Frith, C. (1992). Consciousness, information processing and the brain. *Journal of Psychopharmacology*, 6(3), 436–440. <https://doi.org/10.1177/026988119200600314>

Frith, C., Christopher D., Blakemore, S. J., & Wolpert, D. M. (2000). Abnormalities in the awareness and control of action. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 355(1404).

Fu, C. H. Y., Vythelingum, G. N., Brammer, M. J., Williams, S. C. R., Amaro, E., Andrew, C. M., ... McGuire, P. K. (2006). An fMRI study of verbal self-monitoring: Neural correlates of auditory verbal feedback. *Cerebral Cortex*, 16(7), 969–977. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhj039>

Galea, J. M., Vazquez, A., Pasricha, N., Orban De Xivry, J. J., & Celnik, P. (2011). Dissociating the roles of the cerebellum and motor cortex during adaptive learning: The motor cortex retains what the cerebellum learns. *Cerebral Cortex*, 21(8), 1761–1770. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhq246>

Gallagher, S. (2000). Philosophical conceptions of the self: Implications for cognitive science. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(1), 14–21. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)01417-5](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01417-5)

Goldberg, T. E., Gold, J. M., Coppola, R., & Weinberger, D. R. (1997). Unnatural practices, unspeakable actions: A study of delayed auditory feedback in schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*, 154(6), 858–860. <https://doi.org/10.1176/ajp.154.6.858>

Habas, C., Kamdar, N., Nguyen, D., Prater, K., Beckmann, C. F., Menon, V., & Greicius, M. D. (2009). Distinct cerebellar contributions to intrinsic connectivity networks. *The Journal of Neuroscience : The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 29(26), 8586–8594. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1868-09.2009>

Hirotsu, M., Stets, M., Striano, T., & Friederici, A. D. (2009). Joint attention helps infants learn new words: Event-related potential evidence. *NeuroReport*, 20(6), 600–605. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e32832a0a7c>

Houk, J. C., Bastianen, C., Fansler, D., Fishbach, A., Fraser, D., Reber, P. J., ... Simo, L. S. (2007). Action selection and refinement in subcortical loops through basal ganglia and cerebellum. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 362(1485).

Ito, M. (2005). Bases and implications of learning in the cerebellum — adaptive control and internal model mechanism. In *Creating coordination in the cerebellum* (Vol. 148, pp. 95–109). [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(04\)48009-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0079-6123(04)48009-1)

Ito, M. (2008). Control of mental activities by internal models in the cerebellum. *Nature Reviews Neuroscience*, 9, 304. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/nrn2332>

Ito, M. (2012). *The cerebellum: Brain for implicit self*. Upper Saddle River, NJ: FT Press.

269 Jeannerod, M. (1995). Mental imagery in the motor context. *Neuropsychologia*, 33(11), 1419–1432.  
 270 Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8584178>

271 Johns, L. C., & McGuire, P. K. (1999). Verbal self-monitoring and auditory hallucinations in  
 272 schizophrenia. *Lancet*, 353, 469–470.

273 Kawato, M. (1999). Internal models for motor control and trajectory planning. *Current Opinion in*  
 274 *Neurobiology*, 9, 718–727. Retrieved from <http://www.erato.atr.co.jp/DB/>

275 Kazojć, J. (2009). Otwarty słownik frekwencyjny leksemów. Retrieved May 29, 2019, from  
 276 [https://web.archive.org/web/20091116122442/http://www.open-](https://web.archive.org/web/20091116122442/http://www.open-dictionaries.com/slownikfrleks.pdf)  
 277 [dictionaries.com/slownikfrleks.pdf](https://web.archive.org/web/20091116122442/http://www.open-dictionaries.com/slownikfrleks.pdf)

278 Kellermann, T., Regenbogen, C., De Vos, M., Mossnang, C., Finkelmeyer, A., & Habel, U. (2012).  
 279 Effective Connectivity of the Human Cerebellum during Visual Attention. *Journal of*  
 280 *Neuroscience*, 32(33), 11453–11460. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0678-12.2012>

281 Koziol, L. F., Budding, D. E., & Chidekel, D. (2012). From movement to thought: Executive function,  
 282 embodied cognition, and the cerebellum. *Cerebellum*, 11(2), 505–525.  
 283 <https://doi.org/10.1007/s12311-011-0321-y>

284 Lafleur, A., & Boucher, V. J. (2015). The ecology of self-monitoring effects on memory of verbal  
 285 productions: Does speaking to someone make a difference? *Consciousness and Cognition*, 36,  
 286 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.06.015>

287 Macleod, C., Gopie, N., Hourihan, K., Neary, K., & Ozubko, J. (2010). The Production Effect:  
 288 Delineation of a Phenomenon. In *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and*  
 289 *cognition* (Vol. 36). <https://doi.org/10.1037/a0018785>

290 McGuire, P. K., Silbersweig, D. A., & Frith, C. D. (1996). Functional neuroanatomy of verbal self-  
 291 monitoring. *Brain*, 119(3), 907–917. <https://doi.org/10.1093/brain/119.3.907>

292 Morales, M., Mundy, P., & Rojas, J. (1998). Following the direction of gaze and language  
 293 development in 6-month-olds. *Infant Behavior and Development*, 21(2), 373–377.  
 294 [https://doi.org/10.1016/S0163-6383\(98\)90014-5](https://doi.org/10.1016/S0163-6383(98)90014-5)

295 Ozubko, J. D., Major, J., & MacLeod, C. M. (2014). Remembered study mode: Support for the  
 296 distinctiveness account of the production effect. *Memory*, 22(5), 509–524.  
 297 <https://doi.org/10.1080/09658211.2013.800554>

298 Pfeiffer, U. J., Vogeley, K., & Schilbach, L. (2013). From gaze cueing to dual eye-tracking: Novel  
 299 approaches to investigate the neural correlates of gaze in social interaction. *Neuroscience and*  
 300 *Biobehavioral Reviews*, 37(10), 2516–2528. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.07.017>

- Schilbach, L., Wohlschlaeger, A. M., Kraemer, N. C., Newen, A., Shah, N. J., Fink, G. R., & Vogeley, K. (2006). Being with virtual others: Neural correlates of social interaction. *Neuropsychologia*, 44(5), 718–730. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.07.017>
- Stoodley, C. J., & Schmahmann, J. D. (2009). Functional topography in the human cerebellum: A meta-analysis of neuroimaging studies. *NeuroImage*. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.08.039>
- Sugimori, E., Asai, T., & Tanno, Y. (2011). Sense of agency over speech and proneness to auditory hallucinations: The reality-monitoring paradigm. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64(1), 169–185.
- Sugimori, E., Asai, T., & Tanno, Y. (2013). The potential link between sense of agency and output monitoring over speech. *Consciousness and Cognition*, 22(1), 360–374. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2012.07.010>
- Synofzik, M., Vosgerau, G., & Newen, A. (2008a). Beyond the comparator model: A multifactorial two-step account of agency. *Consciousness and Cognition*, 17(1), 219–239. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2007.03.010>
- Synofzik, M., Vosgerau, G., & Newen, A. (2008b). I move, therefore I am: A new theoretical framework to investigate agency and ownership. *Consciousness and Cognition*, 17(2), 411–424. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2008.03.008>
- von Holst, E., & Mittelstaedt, H. (1950). Das Reafferenzprinzip. Wechselwirkungen zwischen Zentrainervensystem und Peripherie. *Naturwissenschaften*, 37, 464–476.
- Wolpert, D. M., Ghahramani, Z., & Flanagan, J. R. (2001). Perspectives and problems in motor learning. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(11), 487–494.
- Wolpert, D. M., Ghahramani, Z., & Jordan, M. I. (1995). An internal model for sensorimotor integration. *Science*, 269(5232), 1880–1882.