

# Pamięciówka, „sufit trudności” i emancypacja poznawcza: artykuł syntetyczny w kontrapunkcie badań / Rote learning, “difficulty ceilings,” and cognitive emancipation: a research-counterpoint synthesis

## Streszczenie wykonawcze

Niniejszy tekst rozwija przedstawioną tezę (metafora „kasyna”, „liczenia kart”, „tabliczki mnożenia”) do postaci **sformalizowanej syntezy naukowej**, prowadzonej heurystyką „faktów w kontrapunkcie badań”: każda intuicja z tezy jest zestawiana z najbardziej relevantnymi wynikami neuronauki, psychologii poznawczej i badań edukacyjnych. Charakter pracy jest **teoretyczno-przeglądowy** (nie jest to metaanaliza), a celem jest zbudowanie modelu, który (a) tłumaczy obserwowane zjawiska, (b) jest **ryzykowny empirycznie** (daje falsyfikowalne predykcje), oraz (c) wskazuje interwencje praktyczne.

Główna konkluzja kontrapunktu jest precyzyjniesza niż teza w wersji retorycznej: **automatyzacja i pamięciowe wydobycie faktów** (np. tabliczki mnożenia) są zwykle **korzystne** dla dalszego uczenia się, bo obniżają obciążenie pamięci roboczej i stabilizują wykonanie; deficyty w retrieval faktów są wręcz typowe dla trudności matematycznych. ① Jednocześnie jednak **monokultura treningu pod płynność** (szybkość, bezbłędność, „jedyna procedura”) w określonych warunkach może zwiększać ryzyko: (i) **sztywności strategicznej** (mental set / Einstellung), (ii) „iluzji uczenia się” (mylenia bieżącej płynności z trwałym rozumieniem i transferem), oraz (iii) preferowania trybu niskokosztowego kosztem trybu generatywnego, zwłaszcza gdy środowisko nagradza krótkoterminowy wynik. ②

Mechanizm spajający część poznawczą i „emancypacyjną” jest tu traktowany jako **allokacja kontroli poznawczej na zasadzie koszt-korzyść**: mózg (w szczególności układy monitorowania i wartościowania kontroli) uruchamia kosztowną kontrolę i generowanie wtedy, gdy oczekiwana korzyść przewyższa koszt wysiłku; kontekst społeczno-edukacyjny może przesuwać ten bilans przez presję czasu, system ocen, strukturę nagród i klimat celów (mastery vs performance). ③

W efekcie „sufit trudności” w tej pracy jest rozumiany nie jako „koniec możliwości”, ale jako **punkt ujawnienia różnic** między uczeniem nastawionym na automatyzację a uczeniem budującym strategie generatywne i elastyczność. Jedną z najlepiej wspieranych empirycznie dróg „Etapu 3” (rewarunkowania) są projekty dydaktyczne typu **problem-solving-before-instruction / Productive Failure**, w których najpierw generuje się rozwiązania (i błędy), a dopiero potem konsoliduje instrukcją i utrwalaniem nastawionym na transfer (retrieval practice, przeplatanie, samowyjaśnianie). ④

## Ramy metodologiczne

Przegląd ma charakter **narracyjny z elementami systematycznymi**: priorytetem są źródła pierwotne (badania neuroobrazowe, RCT w edukacji, metaanalizy), a w kontrapunkcie uwzględniane są zarówno

wyniki wspierające intuicję tezy, jak i te, które ją ograniczają (granice uogólnień, moderatory, artefakty pomiaru). <sup>5</sup>

W obszarach potencjalnie „nośnych retorycznie” (np. szybkość = brak myślenia; rozdział edukacji według płci; „Mensa kradnie dzieci”) stosowana jest zasada: **oddzielamy metaforę od twierdzeń empirycznych**, a tam, gdzie teza wchodzi w spekulację, kontrapunkt opiera się na metaanalizach i dużych próbach. <sup>6</sup>

## Teza i formalizacja pojęć

W celu zachowania „rdzenia” tezy przy rygorze naukowym, wprowadzam formalizację czterech pojęć-węzłów:

### Tryb kompresji / pamięciówka (K)

Operacyjnie: strategia rozwiązywania polegająca na szybkim dopasowaniu wzorca i/lub wydobyciu odpowiedzi z pamięci długotrwałej (retrieval), z minimalnym udziałem kosztownej kontroli. W psychologii poznawczej odpowiada temu nurt automatyzacji i przejście od przetwarzania kontrolowanego do automatycznego; klasycznie: rozróżnienie przetwarzania kontrolowanego i automatycznego oraz modele automatyzacji oparte na gromadzeniu „instancji” doświadczeń. <sup>7</sup>

### Tryb generowania / myślenie (G)

Operacyjnie: konstruowanie reprezentacji problemu i rozwiązania (modelowanie relacji, rozbijanie na podproblemy, testowanie hipotez, kontrola błędu), które bywa wolniejsze, ale daje transfer i adaptację. Na poziomie sieci mózgowych jest to powiązane z większym udziałem układów kontroli czołowo-ciemieniowej (w tym systemu multiple-demand) oraz – w zadaniach twórczych – z dynamiczną współpracą sieci domyślnej i wykonawczej. <sup>8</sup>

### Sufit trudności (S)

Operacyjnie: taki poziom złożoności zadania, przy którym strategia K przestaje zapewniać stabilną poprawność/transfer, a przełączenie na G staje się warunkiem postępu. W badaniach nad uczeniem matematyki analogicznym zjawiskiem jest spadek elastyczności wskutek indukcji „mental set”, który ogranicza zauważanie skrótów i pogarsza rozumienie koncepcyjne mimo poprawności proceduralnej. <sup>9</sup>

### Rewarunkowanie (R) / Etap 3

Operacyjnie: zmiana „polityki wyboru strategii”, tak aby przy nowości rosnął udział G, a subiektywny koszt wysiłku nie blokował wejścia w tryb generatywny. Empirycznie odpowiada to m.in. projektom generatywnego uczenia (predicting, explaining, testing), a szczególnie sekwencji „problem solving → instruction”, gdy jest dobrze zaprojektowana i dopasowana do wieku oraz wiedzy wstępnej. <sup>10</sup>

Punktem odniesienia dla tej formalizacji jest wcześniejsza wersja modelu TKGE (kompresja-generowanie-emancypacja), traktowana tutaj jako materiał roboczy do rozbudowy w formę artykułu.

## Kontrapunkt badań do tez częściowych

Poniżej przedstawiam kontrapunkt w formie mapy: „co w tezie jest zgodne z badaniami” oraz „gdzie teza wymaga korekty/uwarunkowań”.

## Mapa kontrapunktu: teza vs stan badań

Fragment tezy (skrót)	Co jest empirycznie wspierane	Co jest uproszczeniem / warunkiem brzegowym	Wybrane źródła kluczowe (autor-rok-czasopismo)
„Tabliczka mnożenia → pamięciówka → ‘traci sens’”	Automatyzacja faktów arytmetycznych jest typowym etapem rozwoju i wiąże się z reorganizacją pamięci-sieci; deficyty retrieval są częste w trudnościach matematycznych	Samo zapamiętanie faktów nie musi niszczyć rozumienia; proceduralne i konceptualne wsparcie bywa dwukierunkowe i iteracyjne	Shaozheng Qin ⑪ 2014 Nature Neuroscience; David C. Geary ⑫ 2011 Dev Psychol (PMC); Bethany Rittle-Johnson ⑬ 2015 (review/chapter)
„Wygrywa się pamięciówką do pewnego poziomu, potem ściana”	Kontekst może indukować mental set i obniżać elastyczność oraz rozumienie; transfer ujawnia różnice mimo podobnej płynności	„Ściana” nie jest uniwersalna: zależy od bodźców, konstrukcji zadań i możliwości przełączania strategii; automatyzacja może pomagać w zadaniach złożonych przez odciążenie WM	Mark S. DeCaro ⑭ 2016 Memory & Cognition; M. H. Ashcraft ⑮ 1992 Cognition
„Szybko myśli ten, kto odpowiada wolniej”	W zadaniach konfliktowych deliberacja bywa wolniejsza; presja czasu zwiększa odpowiedzi heurystyczne	„Wolniej” nie zawsze znaczy „lepiej”; zależy od typu zadania i tego, czy ścieżka intuicyjna bywa poprawna	Jonathan St. B. T. Evans ⑯ 2013 Persp. Psychol. Sci.; Emma J. N. Stupple ⑰ 2017 Psychon. Bull. Rev. (PMC); Emanuele Bilancini ⑱ 2024 J. Behav. Exp. Econ.
„Premia społeczna za niemyślenie”	Nagrody zewnętrzne i klimat celów mogą obniżać motywację wewnętrzną i jakość uczenia; kontrola poznawcza zależy od bilansu koszt-korzyść	Efekty nagród są moderowane (rodzaj nagrody, kontyngencja, autonomia); nie każdy system ocen musi tłumić G, jeśli nagradza wyjaśnienie/transfer	Edward L. Deci ⑲ 1999 Psychological Bulletin (meta); Richard M. Ryan ⑳ 2000 American Psychologist; Amitai Shenhav ㉑ 2013 Neuron

Fragment tezy (skrót)	Co jest empirycznie wspierane	Co jest uproszczeniem / warunkiem brzegowym	Wybrane źródła kluczowe (autor-rok-czasopismo)
„Kasyno banuje ‘liczenie kart’” (metafora)	W realnym świecie zdarzają się restrykcje wobec strategii zwiększających przewagę (zależnie od jurysdykcji); jako metafora: instytucje stabilizują reguły gry	Metafora nie dowodzi mechanizmu poznawczego; w edukacji analogię trzeba operacyjalizować jako presję czasu, testy wysokostawkowe, itp.	UPI 1981; Indiana Court of Appeals 2009; literatura o alokacji kontroli: Shenhav 2013
„Oddzielne procesy nauczania dla płci”	Istnieją wpływy stereotypów i lęku matematycznego na wykonanie w części populacji	Metaanalizy pokazują małe/zerowe średnie różnice płci w matematyce i co najwyżej małe efekty szkół jednopłciowych; wniosek systemowy jest słabo uzasadniony	Janet Shibley Hyde <sup>22</sup> 1990 Psychol. Bull.; Sara M. Lindberg <sup>23</sup> 2010 J. Exp. Psychol. Gen. (PMC); Erin Pahlke <sup>24</sup> 2014 Psychol. Bull.
„Mensa ‘kradnie’ dzieci uzdolnione” (metafora)	Organizacje wspierające uzdolnionych istnieją, prowadzą programy i granty	To nie jest dowód na dwa „gatunki” poznania; selekcja środowiskowa może wzmacniać różnice, ale nie wyjaśnia mechanizmu sufitu bez danych	Mensa Foundation <sup>25</sup> (programy/mission pages)

Źródła do tabeli (kontrapunkt): automatyzacja i instancje <sup>26</sup>; rozwój strategii i reorganizacja hipokamp-kora <sup>27</sup>; relacja wiedzy proceduralnej i konceptualnej <sup>28</sup>; mental set w matematyce <sup>29</sup>; przegląd kognitywnej arytmetyki <sup>30</sup>; dual-process i czas odpowiedzi <sup>31</sup>; nagrody zewnętrzne i motywacja <sup>32</sup>; alokacja kontroli (EVC) <sup>33</sup>; metaanalizy płci i szkół jednopłciowych <sup>34</sup>; kontekst prawny liczenia kart (przykłady jurysdykcji) <sup>35</sup>; informacje o programach Mensa Foundation <sup>36</sup>.

## Model neurokognitywny i koszt wysiłku

W tej części „emancypacja” jest traktowana nie jako slogan, lecz jako **mierzalna zmiana polityki angażowania kontroli poznawczej**: częstsze i skuteczniejsze przełączanie na tryb generatywny przy nowości oraz mniejsza awersja do wysiłku poznawczego.

### Od tabliczki mnożenia do reorganizacji obwodów

Rozwój biegłości arytmetycznej i przejście od strategii proceduralnych (liczenie) do retrieval faktów jest powiązane z reorganizacją funkcjonalną układu pamięci (w tym hipokampa) i relacji hipokamp-neokora; w badaniach podłużnych u dzieci poprawa użycia strategii retrieval była wiązana ze zmianami w aktywacji i stabilności reprezentacji oraz z łącznością hipokamp-kora. <sup>27</sup>

W metaanalizach neuroobrazowania strategii arytmetycznych obserwuje się rozróżnialne sygnatury dla zadań retrieval vs procedural: m.in. częstsze zaangażowanie okolic lewego zakrętu kątowego dla retrieval oraz większą rekrutację obszarów czołowych i obręczy dla procedur, co jest zgodne z intuicją „K = taniej, G = kontrolnie”. <sup>37</sup>

## Sieci generowania: multiple-demand, kontrola i współpraca sieci

Tryb generowania (G) w ujęciu neuronaukowym jest spójny z rolą systemu multiple-demand (MD): rozproszonego układu czołowo-ciemienniowego, który rośnie aktywnością wraz z różnorodnymi wymaganiami poznawczymi i koreluje z inteligencją płynną oraz „programami umysłowymi” do złożonych sekwencji działań. <sup>38</sup>

Na poziomie mechanizmu „kiedy w ogóle opłaca się myśleć?”, model EVC zakłada, że obszary związane z DACC integrują informację o spodziewanej wypłacie, wymaganej intensywności kontroli i koszcie wysiłku, a następnie „decydują” o alokacji kontroli. To dostarcza formalnego pomoistu między edukacyjną socjologią nagród a neurokognitywnym uruchamianiem G. <sup>33</sup>

Równolegle, przeglądy z neuroekonomii wysiłku wskazują, że wysiłek poznawczy jest regulowany jak decyzja ekonomiczna (unikanie kosztu, dyskontowanie nagrody), a jednocześnie istnieje zjawisko „paradoksu wysiłku” — wysiłek może dodawać wartości wynikom i bywa wybierany, gdy nadaje sens/cel. To jest ważne dla projektowania „Etapu 3”: nie tylko redukować koszt, ale też zwiększać wartość sensownego zmagania. <sup>39</sup>

## Hipotezy, projekty badań i kryteria falsyfikacji

Aby teoria nie była jedynie „ładną opowieścią”, poniżej przedstawiam zestaw hipotez i projektów badań, które mogłyby ją **obalić**.

### Hipotezy z kontrapunktu

**H1 (ceiling-transfer):** Trening dominująco płynnościowy (K-dominant; drill + presja czasu) da większy przyrost szybkości na zadaniach rutynowych, ale mniejszy przyrost transferu i elastyczności strategicznej niż trening mieszany (K+G) przy równych dawkach czasu. <sup>40</sup>

**H2 (mental set mediator):** Wpływ K-dominant na spadek transferu jest mediowany przez wzrost sztywności (mental set) i spadek wykrywania alternatywnych strategii. <sup>9</sup>

**H3 (nagroda jako przełącznik strategii):** Manipulacja nagrodą „za szybkość” vs „za wyjaśnienie” zmieniaczęstość wejścia w G, zgodnie z rachunkiem koszt-korzyść kontroli; efekt powinien być silniejszy u osób o wyższej wrażliwości na koszt wysiłku. <sup>41</sup>

**H4 (rewarunkowanie jest realne):** Sekwencje generatywne (generowanie → instrukcja → utrwalenie przez retrieval i przeplatanie) zwiększą transfer w porównaniu z instrukcją-najpierw, z typowymi efektami umiarkowanymi w metaanalizach, zależnymi od wieku i jakości wdrożenia. <sup>4</sup>

## Projekty eksperymentów falsyfikacyjnych i kryteria empiryczne

Poniższa tabela łączy projekty z kryteriami obalenia/utrzymania.

Projekt	Populacja (założenie, bo nie podano)	Warunki (randomizacja i kontrola)	Miary główne	Kryterium falsyfikacji	Statystyka i oczekiwany rząd efektu
RCT-M (arytmetyka)	8–9 lat; ~N=300 (klastry klasowe)	K-dominant (timed drills) vs K+G (modele + wyjaśnienia + retrieval) vs G-dominant (PS-I)	płynność faktów; transfer do zadań tekstowych; elastyczność procedur	jeśli K-dominant $\geq$ K+G w transferze i elastyczności przy równych dawkach	LMM/GLMM z efektami losowymi klas; d/g ~0,3–0,6 dla transferu w warunkach generatywnych na tle metaanaliz <small>42</small>
RCT-S (nagroda)	12–14 lat; ~N=200	identyczne zadania, różny system punktów (szybkość vs wyjaśnienie)	wybór strategii; czas odpowiedzi; COGED	brak różnic w wyborze strategii mimo manipulacji	ANOVA/LMM; mediacje kosztu wysiłku; zgodność z EVC/ neuroekonomią wysiłku <small>43</small>
Neuro-A (fNIRS/ EEG)	9–10 lat; ~N=90	pre/post interwencja K-dominant vs K+G	wskaźniki PFC/MD vs sygnatury retrieval; transfer	brak różnic w elastyczności rekruitacji sieci przy nowości	modele wielopoziomowe; zgodność z badaniami o zmianach aktywacji po treningu arytmetycznym <small>44</small>
Meta-warunki (generatywność)	różne	metaanalytyczny „stack” strategii generatywnych	efekt transferu, moderatory wieku	brak efektu transferu dla retrieval/ generowania w metaanalizach	Pan & Rickard d≈0,40 (transfer test-enhanced); Bertsch i in. g≈0,40 (generation effect); Brod (moderacja wieku) <small>45</small>

Uwaga o wielkościach efektów: wartości podawane powyżej są zakotwiczone w metaanalizach transferu test-enhanced learning oraz generowania, a także w metaanalizach/selektywnych przeglądach strategii generatywnych i dydaktycznych sekwencji PS-I. 46

### Schemat procesu „Etap 1–3” (mermaid)

```
flowchart TD
A[Etap 1: Ekspozycja i przykłady] --> B[Etap 2: Kompresja i automatyzacja (K)]
B --> C[Wysoka płynność w rutynie]
```

- B --> D[Rosnąca złożoność / nowość]
- D --> E[Sufit trudności (S): spadek transferu]
- E --> F[Etap 3: Rewarunkowanie (R)]
- F --> G[Generowanie (G): modele, strategie, kontrola błędu]
- G --> H[Utrwalenie: retrieval + przeplatanie + samowyjaśnianie]
- H --> B

## Protokół rewarunkowania i interwencje edukacyjne

Celem „Etapu 3” nie jest walka z pamięcią, lecz **zmiana relacji między K i G**: automatyzacja ma wspierać myślenie, a nie je zastępować.

### Zasady projektowe zgodne z dowodami

- 1) Rozdzielaj krótkoterminową płynność od długoterminowego uczenia (uczniowie i nauczyciele często mylą te dwie rzeczy). <sup>47</sup>
- 2) Stosuj generowanie przed instrukcją tam, gdzie to ma sens poznawczy (nowe pojęcia, struktury, problem-typy), ale unikaj „minimal guidance” u nowicjuszy bez scaffoldu — obciążenie poznawcze może wtedy niszczyć efekt. <sup>48</sup>
- 3) Utrwalaj przez wydobywanie (retrieval), a nie przez bierne powtarzanie; transfer jest realnym, mierzonym zyskiem w metaanalizach, choć zależnym od moderatorów. <sup>49</sup>

### Minimalny „Pakiet Etap 3” w wersji wdrożeniowej (6–8 tygodni)

Poniższy protokół jest wariantem „generuj → konsoliduj → utrwalaj”, zgodnym z dowodami dla PS-I, generative learning, testowania, przeplatania i samowyjaśniania. <sup>50</sup>

**Tydzień 1–2 (diagnostyka sufitu + bezpieczeństwo błędu):** zadania z dwiema drogami, ocena za wyjaśnienie; krótkie refleksje metapoznawcze „co było łatwe, ale może złudne”. <sup>51</sup>

**Tydzień 3–5 (PS-I / Productive Failure):** 10–15 min generowania rozwiązań, następnie instrukcja porządkująca i porównanie rozwiązań, na końcu zadania transferowe. <sup>52</sup>

**Tydzień 6–8 (utrwalenie pod transfer):** retrieval practice (krótkie testy), przeplatanie typów zadań, samowyjaśnianie „dlaczego to działa”, odroczone feedback. <sup>53</sup>

### Tabela interwencji, miar i przewidywanych rezultatów

Interwencja	Co ma „przełączyć” w TKGE	Miary wdrożeniowe	Miary efektu (wynik)	Predykcja
PS-I / Productive Failure	wzrost G przy nowości; tolerancja błędu	fidelity: czas generowania; jakość porównania rozwiązań	transfer odroczone, elastyczność strategii	↑ transfer (umiarkowanie), szczególnie przy wysokiej jakości wdrożenia <sup>54</sup>
Retrieval practice	konsolidacja bez iluzji płynności	odsetek testów vs restudy; odroczone feedback	retencja i transfer	↑ transfer $d \approx 0,40$ w meta transferu <sup>55</sup>

Interwencja	Co ma „przełączyć” w TKGE	Miary wdrożeniowe	Miary efektu (wynik)	Predykcja
Samowyjaśnianie	most procedura-pojęcie	jakość wyjaśnień; specyficzność promptów	rozumienie, transfer	↑ wyniki (mały-umiarkowany), zależnie od obciążenia i wiedzy wstępnej <sup>56</sup>
Przeplatanie	dobór strategii zamiast automatu	proporcja interleaving; podobieństwo kategorii	rozróżnianie typów zadań	↑ uczenie indukcyjne, warunkowe moderatory materiału <sup>57</sup>

## Konsekwencje społeczne, polityczne i etyczne

### „Emancypacja” jako projekt systemowy: zmiana tego, co jest nagradzane

Jeżeli przyjąć model koszt-korzyść kontroli (EVC/neuroekonomia wysiłku), to system ocen i norm klasowych jest realnym parametrem: nagradzanie szybkości i bezbłędności obniża motywację do angażowania kosztownego G, a nagradzanie wyjaśnień, strategii i transferu zwiększa oczekiwana wartość kontroli. <sup>58</sup>

W tym świetle „premia za niemyślenie” nie musi oznaczać intencji, lecz **optymalizację pod miernik**: gdy miernikiem jest szybka poprawna odpowiedź, organizm racjonalnie wybiera K. Metaanalizy nad nagrodami zewnętrznymi pokazują, że w pewnych konfiguracjach nagrody mogą obniżać motywację wewnętrzną i jakość zaangażowania, co jest zgodne z ostrzeżeniem tezy przed „formatowaniem pod wynik”. <sup>59</sup>

### Granice metafory: płeć, selekcja i „dwa tryby ludzi”

Teza sugeruje daleko idący wniosek o odrębnych procesach nauczania dla płci. Kontrapunkt jest jednoznaczny: metaanalizy wskazują **małe lub zerowe średnie różnice płci w matematyce**, a metaanaliza szkół jednopłciowych raportuje co najwyżej **małe, niestabilne efekty**; bardziej uzasadnione jest badanie moderatorów (stereotypy, lęk, klimat ocen), a nie wnioskowanie o koniecznej segregacji edukacyjnej. <sup>60</sup>

Podobnie „Mensa kradnie dzieci uzdolnione” można odczytać jako metaforę selektywnych środowisk; empirycznie jest bezpieczniej mówić: istnieją programy wspierania uzdolnionych, ale nie dowodzi to istnienia dwóch „gatunków poznania”, tylko raczej różnic w doborze wyzwań, feedbacku i okazji do wzmacniania adaptacyjnej ekspertyzy. <sup>61</sup>

### Polityka i etyka interwencji „Etapu 3”

Największe ryzyko etyczne TKGE-podobnych narracji to **etykietowanie osób** („pamięciówkowy” vs „myślący”) i wynikająca z tego samospełniająca się selekcja. Aby zachować walor emancypacyjny, rekomendacją jest traktowanie K i G jako **stanów i strategii wywoływanych kontekstem**, a nie jako stałych typów ludzi; wtedy interwencje mogą przypominać „zmianę warunków gry” (nagrody za wyjaśnienie, czas na namysł, normalizacja błędu) zamiast trackingu. <sup>62</sup>

Wreszcie, sama krytyka „pamięciówki” musi uważać na skrajność: zbyt mała guidancia u początkujących może zwiększać obciążenie poznawcze i obniżać efektywność uczenia, co jest ważnym kontrapunktem wobec intuicji „zawsze odkrywaj”. <sup>63</sup>

---

- 1 <https://PMC3210883/>  
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3210883/>
- 2 47 51 [https://bjorklab.psych.ucla.edu/wp-content/uploads/sites/13/2016/11/soderstorm\\_ra\\_learningvsperformance.pdf](https://bjorklab.psych.ucla.edu/wp-content/uploads/sites/13/2016/11/soderstorm_ra_learningvsperformance.pdf)  
[https://bjorklab.psych.ucla.edu/wp-content/uploads/sites/13/2016/11/soderstorm\\_ra\\_learningvsperformance.pdf](https://bjorklab.psych.ucla.edu/wp-content/uploads/sites/13/2016/11/soderstorm_ra_learningvsperformance.pdf)
- 3 12 14 24 33 41 43 58 <https://PMC3767969/>  
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3767969/>
- 4 15 21 42 48 50 52 54 When Problem Solving Followed by Instruction Works  
[https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3102/00346543211019105?utm\\_source=chatgpt.com](https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3102/00346543211019105?utm_source=chatgpt.com)
- 5 13 28 <https://www.uni-trier.de/fileadmin/fb1/prof/PSY/PAE/Team/Schneider/RittleJohnsonSchneiderInPress.pdf>  
<https://www.uni-trier.de/fileadmin/fb1/prof/PSY/PAE/Team/Schneider/RittleJohnsonSchneiderInPress.pdf>
- 6 16 34 60 <https://PMC3057475/>  
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3057475/>
- 7 [https://www.researchgate.net/profile/Richard-Shiffrin/publication/232505778\\_Controlled\\_and\\_automatic\\_human\\_information\\_processing\\_I\\_Detection\\_search\\_and\\_attention/links/548c4d4e0cf2d1800d7dc0d2/Controlled-and-automatic-human-information-processing-I-Detection-search-and-attention.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Richard-Shiffrin/publication/232505778_Controlled_and_automatic_human_information_processing_I_Detection_search_and_attention/links/548c4d4e0cf2d1800d7dc0d2/Controlled-and-automatic-human-information-processing-I-Detection-search-and-attention.pdf)  
[https://www.researchgate.net/profile/Richard-Shiffrin/publication/232505778\\_Controlled\\_and\\_automatic\\_human\\_information\\_processing\\_I\\_Detection\\_search\\_and\\_attention/links/548c4d4e0cf2d1800d7dc0d2/Controlled-and-automatic-human-information-processing-I-Detection-search-and-attention.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Richard-Shiffrin/publication/232505778_Controlled_and_automatic_human_information_processing_I_Detection_search_and_attention/links/548c4d4e0cf2d1800d7dc0d2/Controlled-and-automatic-human-information-processing-I-Detection-search-and-attention.pdf)
- 8 17 38 <https://web.mit.edu/9.s915/www/classes/duncan.pdf>  
<https://web.mit.edu/9.s915/www/classes/duncan.pdf>
- 9 23 29 40 Inducing mental set constrains procedural flexibility and ...  
[https://link.springer.com/article/10.3758/s13421-016-0614-y?utm\\_source=chatgpt.com](https://link.springer.com/article/10.3758/s13421-016-0614-y?utm_source=chatgpt.com)
- 10 [https://www.pedocs.de/volltexte/2021/23704/pdf/EPR\\_2021\\_4\\_Brod\\_Generative\\_Learning\\_A.pdf](https://www.pedocs.de/volltexte/2021/23704/pdf/EPR_2021_4_Brod_Generative_Learning_A.pdf)  
[https://www.pedocs.de/volltexte/2021/23704/pdf/EPR\\_2021\\_4\\_Brod\\_Generative\\_Learning\\_A.pdf](https://www.pedocs.de/volltexte/2021/23704/pdf/EPR_2021_4_Brod_Generative_Learning_A.pdf)
- 11 25 27 Hippocampal-neocortical functional reorganization ...  
[https://www.nature.com/articles/nn.3788?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.nature.com/articles/nn.3788?utm_source=chatgpt.com)
- 18 20 22 32 59 [https://selfdeterminationtheory.org/wp-content/uploads/2014/04/1999\\_DeciKoestnerRyan\\_Meta.pdf](https://selfdeterminationtheory.org/wp-content/uploads/2014/04/1999_DeciKoestnerRyan_Meta.pdf)  
[https://selfdeterminationtheory.org/wp-content/uploads/2014/04/1999\\_DeciKoestnerRyan\\_Meta.pdf](https://selfdeterminationtheory.org/wp-content/uploads/2014/04/1999_DeciKoestnerRyan_Meta.pdf)
- 19 31 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26172965/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26172965/>
- 26 Toward an Instance Theory of Automatization  
[https://www.psy.vanderbilt.edu/faculty/logan/1988LoganPR.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.psy.vanderbilt.edu/faculty/logan/1988LoganPR.pdf?utm_source=chatgpt.com)
- 30 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1511587/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1511587/>

- <sup>35</sup> <https://www.upi.com/Archives/1981/05/11/Court-rules-casinos-cannot-ban-card-counters/1380358401600/>  
<https://www.upi.com/Archives/1981/05/11/Court-rules-casinos-cannot-ban-card-counters/1380358401600/>
- <sup>36</sup> <sup>61</sup> <https://www.mensa.org/mensa-foundation/>  
<https://www.mensa.org/mensa-foundation/>
- <sup>37</sup> <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9783428/>  
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9783428/>
- <sup>39</sup> <https://bpb-us-e2.wpmucdn.com/sites.wustl.edu/dist/1/1008/files/2017/10/2015westbrook-102c825.pdf>  
<https://bpb-us-e2.wpmucdn.com/sites.wustl.edu/dist/1/1008/files/2017/10/2015westbrook-102c825.pdf>
- <sup>44</sup> <https://www.nature.com/articles/s41598-018-20007-x>  
<https://www.nature.com/articles/s41598-018-20007-x>
- <sup>45</sup> <sup>46</sup> <sup>55</sup> <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29733621/>  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29733621/>
- <sup>49</sup> <sup>53</sup> <https://courseware.epfl.ch/assets/courseware/v1/fdde2f0aa590bf3b1324077a6bf1540c/asset-v1%3AEPFL%2BDEMO%2B2020%2Btype%40asset%2Bblock/Rowland2014-meta-analysis.pdf>  
<https://courseware.epfl.ch/assets/courseware/v1/fdde2f0aa590bf3b1324077a6bf1540c/asset-v1%3AEPFL%2BDEMO%2B2020%2Btype%40asset%2Bblock/Rowland2014-meta-analysis.pdf>
- <sup>56</sup> <https://gwern.net/doc/psychology/spaced-repetition/2018-bisra.pdf>  
<https://gwern.net/doc/psychology/spaced-repetition/2018-bisra.pdf>
- <sup>57</sup> [https://www.psychologie.uni-wuerzburg.de/fileadmin/06020400/2019/Brunmair\\_Richter\\_in\\_press\\_2019\\_META-ANALYSIS\\_OF\\_INTERLEAVED\\_LEARNING.pdf](https://www.psychologie.uni-wuerzburg.de/fileadmin/06020400/2019/Brunmair_Richter_in_press_2019_META-ANALYSIS_OF_INTERLEAVED_LEARNING.pdf)  
[https://www.psychologie.uni-wuerzburg.de/fileadmin/06020400/2019/Brunmair\\_Richter\\_in\\_press\\_2019\\_META-ANALYSIS\\_OF\\_INTERLEAVED\\_LEARNING.pdf](https://www.psychologie.uni-wuerzburg.de/fileadmin/06020400/2019/Brunmair_Richter_in_press_2019_META-ANALYSIS_OF_INTERLEAVED_LEARNING.pdf)
- <sup>62</sup> [https://selfdeterminationtheory.org/SDT/documents/2000\\_RyanDeci\\_SDT.pdf](https://selfdeterminationtheory.org/SDT/documents/2000_RyanDeci_SDT.pdf)  
[https://selfdeterminationtheory.org/SDT/documents/2000\\_RyanDeci\\_SDT.pdf](https://selfdeterminationtheory.org/SDT/documents/2000_RyanDeci_SDT.pdf)
- <sup>63</sup> [https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15326985ep4102\\_1](https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15326985ep4102_1)  
[https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15326985ep4102\\_1](https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15326985ep4102_1)