

Pregledni prispevek/Review article

SPOMIN – KAJ TO JE IN KAKO DELUJE?

MEMORY – WHAT IS IT AND HOW IT WORKS?

Sanja Šešok

Nevrološka klinika, Klinični center, Zaloška 7, 1525 Ljubljana

Prispelo 2005-12-08, sprejeto 2006-01-20; ZDRAV VESTN 101-4

Ključne besede *senzorni spomin; kratkoročni spomin; dolgoročni spomin; delovni spomin; pozabljanje*

Izvleček *Spominski sistem predstavlja osnovo delovanja mnogih kognitivnih funkcij, hkrati pa je tudi sam pomembno odvisen od delovanja drugih kognitivnih procesov. V prispevku je opisano delovanje spominskega sistema, ki vključuje več med seboj povezanih podsistemov. Vsak izmed njih je sposoben registriranja, shranjevanja in obnavljanja informacij. V teoretičnih psiholoških raziskavah je najbolj pogost model, ki nam omogoča pojasniti delovanje spomina, časovno utemeljen model, ki predpostavlja, da je možno razdeliti spomin na senzorni spomin, kratkoročni oziroma delovni spomin ter dolgoročni spomin. Poudarjeno je, da je spomin proces. Teorija procesiranja informacij pojasnjuje, da obstaja pet procesov, ki so vključeni v katero koli vrsto spomina: pozornost, vkodiranje, shranjevanje, konsolidacija in obnavljanje informacij. Omenjene so tudi nekatere najbolj pogoste teorije pozabljanja.*

Key words *sensory memory; short-term memory; working memory; long-term memory; forgetting*

Abstract *Memory system presents a basis for many cognitive functions and at the same time it itself depends on their normal function. The purpose of the article is to show how it works as an array of interacting systems, each capable of registering information, storing it, and making available by retrieval. In the case of the psychological study of memory, the most common model used for understanding memory functions is the time based model, which presume that memory can be divided into sensory memory, short-term or working memory and long-term memory. Memory is a process and the information processing approach to memory suggests that there are five processes involved in any type of memory: attention, encoding, storage, consolidation and retrieval. Several most common explanations of forgetting are described.*

Uvod

Kaj je to spomin?

Ljudje se lahko naučimo izjemno veliko število različnih stvari. Lahko se naučimo hoditi, plesati, plavati, tipkati, popravljati ure in računalnike, izpeljevati kemijske formule in matematične zakone ... Lahko se naučimo tudi voziti avtomobile, letala in kolesa ... Lahko se naučimo tujih jezikov, izpolnjevanja obrazcev za dohodnino ... Seznam vseh stvari, ki se jih lahko naučimo, bi lahko pisala v neskončnost. Vse to učenje pa bi bilo brez pomena, če si večino tistega, kar se učimo, ne bi mogli zapomniti. Brez spominskih sposobnosti bi se na vsako situacijo odzivali tako, kot da jo doživljamo prvič. Vrednost spomina je med drugim v tem, da posplošujemo in presojava s pomočjo že naučenih dejstev. Ravno tako smo sposobni upravljati s časom, primerjati preteklost s prihodnostjo,

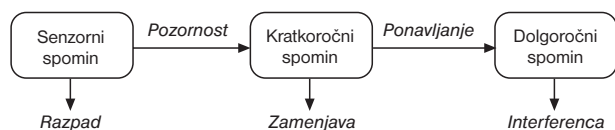
predvidevati in načrtovati prihodnost s pomočjo informacij, ki jih imamo shranjene v spominu. Celo zavedanje sebe temelji tudi na spominih iz preteklosti. Vendar tudi pozabljamo. Pozabljamo stvari, ki bi si jih radi zapomnili. Pozabljamo imena, datume obletnic, rojstnih dni, sestankov ... Pozabimo tudi, kar smo se naučili za izpit ...

Spomin je torej sposobnost shranjevati in ohranjati informacije ter jih v prihodnosti obnoviti, ko jih bomo potrebovali. Predpogoj za nemoteno spominsko delovanje so ohranjene pozornostne sposobnosti in sposobnost učinkovitega procesiranja informacij.

Kako deluje spominski sistem?

Raziskovalci spomina že vrsto let oblikujejo različne teoretične modele, ki bi najboljše opisali delovanje spominskega sistema. Tako pravzaprav shema spo-

minskega sistema, ki sta jo podala Atkinson in Shrifin (1), v grobem še vedno drži in je v tovrstni literaturi najpogosteje citirana. Oblikovala sta predpostavko, da sta kratkoročni in dolgoročni spomin različna sistema, vsak ima svoje strukturne in procesne značilnosti.



Sl. 1. Osnovna shema spominskega sistema.

Opisala sta, da se vrste spomina ločijo tudi glede na njihovo trajanje: senzorni spomin traja nekaj delcev sekunde, kratkoročni spomin je zelo kratkega časovnega obsega kot tudi majhne zmogljivosti, medtem ko naj bi bil dolgoročni spomin neomejenih zmogljivosti in neomejenega trajanja. Sistemi se ločijo še po tem, na kakšen način informacije izginjajo iz njih. Informacije iz senzornega spomina hitro razpadejo, v kratkoročnem spominu jih zamenjajo nove informacije, iz dolgoročnega spomina pa lahko potencialno izginejo zaradi interference, prepletanja starih in novih informacij. To so normalni procesi propadanja. Iz dolgoročnega spomina lahko informacije izginejo tudi zaradi anterogradnih ali retrogradnih amnezij, ki lahko izhajajo iz posameznih poškodb spominskih sistemov.

Omenjeni model je poenostavljen. Empirični rezultati kažejo, da lahko informacije v spominskem sistemu prehajajo tudi s pomočjo drugih procesov in verjetno obstaja tudi neposredna povezava med senzornim in dolgoročnim spominom, saj se lahko le enkrat predstavljena informacija shrani v dolgoročni spomin. Mnogi avtorji nato še znotraj tega modela ločujejo tudi podrobnejše procese in podsisteme.

Senzorni spomin

Informacije pritekajo iz okolja preko serije zelo kratkih senzornih spominov. Senzorni spomin zadržuje veliko količino prihajajočih informacij v kratkem času v senzorni shrambi (2). Tu ne gre samo za spominsko funkcijo, niti ne samo za zaznavno, temveč bolj za izbiranje in beleženje procesa, s katerim percepcije vstopajo v spominski sistem. V procesu registracije igrajo pomembno vlogo predvsem zaznava, predispozicija odgovora ter komponente usmerjanja pozornosti (3). Registrirana informacija se lahko nadalje procesira v kratkoročni spomin ali pa hitro propade. Informacije med sistemi prehajajo s pomočjo posameznih procesov, tako kot informacije iz senzornega spomina prehajajo v kratkoročni spomin s pomočjo pozornosti.

Kratkoročni spomin

Tradicionalni koncept kratkoročnega spomina, ki izhaja iz modela Atkinsona in Shiffrina (4), opisuje bolj

ali manj pasivno začasno spominsko shrambo, zmogljivost informacij, ki jo je možno oceniti preko takojšnjega priklica informacij (ponovitev zaporedja števil). V tem modelu kratkoročni spomin služi kot »prehod«, preko katerega informacija preide v dolgoročni spomin s pomočjo procesa ponavljanja in strategij vkodiranja.

V kratkoročnem spominu se informacije zadržujejo le toliko časa, dokler so pomembne za izvajanje določene naloge, saj nam določeni procesi znotraj kratkoročnega spomina pomagajo ohraniti trenutno sliko sveta okrog nas. Vključuje tudi cilje in načrte, ki jim trenutno sledimo. Zaradi poudarjene aktivne vloge kratkoročnega spomina so raziskovalci opredelili nov teoretičen koncept, to je delovni spomin.

Delovni spomin

Glede na to, da sta kratkoročni in delovni spomin tesno povezana, oba se nanašata na »trenutni« spomin, pa raziskovalci poudarjajo (glede na empirične in konceptualne ugotovitve), da je potrebno razumeti razlike med njima (5). Kratkoročni spomin le zadržuje informacije, delovni pa zadržuje informacije in hkrati z njimi upravlja.

Model Atkinsona in Shiffrina je močno vplival na kasnejše študije spomina, ker je izpostavil vidik informacijskega procesiranja z vsemi vmesnimi fazami, zato ga imenujemo »modalni model« spomina. Dandanes ta model v raziskavah spomina nima več takšnega vpliva kot nekoč, saj mnogi kognitivni psihologi dajejo prednost pojmu kratkoročne shrambe, ki ima veliko bolj dinamično in dejavno vlogo kot zgolj shranjevanje, in ne predstavlja samo neposredne povezave do dolgoročnega spomina. Ta »preskok« v pojmovanju je odraz ugotovitev mnogih raziskav (1, 6), ki so nakazovale, da je začasna shramba »delovni prostor« vsem kompleksnim kognitivnim procesom. Pojem »pasivne shrambe« je nadomestil pojem »aktivnega procesiranja«. Dinamični koncept »delovnega spomina« je bistvo modela Baddeleya in Hitcha, ki sodi med najbolj razvite modele delovnega spomina, katerega zadnja revizija je iz leta 2000 (1). Avtorja predpostavljata, da je delovni spomin sestavljen iz več sistemov, ki služijo kratkoročni shrambi, te sisteme pa »nadzoruje« in koordinira centralni kontrolni sistem, ki prožno upravlja s spominskimi informacijami in procesi (7). Njegova naloga je predvsem, da usmerja pozornost na pomembne informacije in potiska v ozadje nepomembne informacije ter neustrezne akcije, skrbi pa tudi za koordinacijo izvajanja več nalog hkrati. S tem sta predvsem poudarila, da funkcija kratkoročnega spomina ni le enosmerna pot do dolgoročnega spomina, temveč gre za mnogo bolj prožne procese, ki so pomembni za trenutno izvajanje kognitivne dejavnosti.

Osrednjo vlogo naj bi torej igral centralni izvršitelj, katerega funkcija je upravljanje z ostalimi t. i. suženjskimi podsistemi: vidnoprostorsko skicirko, fonološko zanko, epizodičnim medpomnilnikom.

Fonološka shramba je pasivna shramba, ki hrani informacije v govorni obliki, artikulacijski kontrolni pro-

ces pa je aktiven proces, ki služi na eni strani obnavljanju informacij v fonološki shrambi, na drugi strani pa branju in rekodiranju informacij iz zunanjih virov (npr. kadar si želimo zapomniti niz slik, jih poimenujemo – spremenimo v govorno obliko). Vlogo fonološke zanke najlažje ponazorimo s primerom iz vsakdanjega življenja, ko si želimo zapomniti telefonsko številko, napisano v imeniku. Običajno »na tiho« preberemo številke, jih »slišimo« v glavi, nato pa ponavljamo zvoke številke v mislih, dokler ne pridemo do telefona. (»Poskusite si zapomniti: 5536-829«.)

Vidnoprstorska skicirka je začasna shramba, v kateri se upravljajo vidnoprstorske informacije. Sposobnost razvijanja in koordiniranja mentalne predstavljalnosti je temeljna funkcija vidnoprstorskega delovnega spomina. Procesiranje prostorske informacije je npr. predstavljanje ureditve dnevne sobe, vidne pa predstavljanje najljubše fotografije. Dober primer je sposobnost mentalne vizualizacije zemljevida, oziroma ponavljanje prostorske umestitve v mislih: »Zavijte levo v semaforiziranem križišču, nato takoj za trgovino desno ...«

Epizodični medpomnilnik (8) pa je multimodalna začasna shramba omejene zmogljivosti, ki integrira govorne in vidnoprstorske informacije, pa tudi druge (npr. semantične, glasbene), na podlagi predhodnega znanja (informacije povezuje v smiselne sklope). V novejših slikovnih študijah (9, 10) raziskovalci potrjujejo tudi različno nevroanatomsko podlago različnim procesom znotraj delovnega spomina. Ugotovili so, da je pri procesih zadržanja (shranjevanja) udeležen ventrolateralni prefrontalni korteks, medtem ko procese manipulacije in nadziranja informacij usmerja dorzolateralni prefrontalni korteks.

Dolgoročni spomin

Iz kratkoročnega (delovnega) spomina informacije prehajajo v dolgoročni spomin s pomočjo ponavljanja. To je kateri koli ponavljajoči se mentalni proces, ki je namenjen temu, da se podaljša trajanje spominske sledi. S ponavljanjem se lahko spominska sled ohranja več ur. Ponavljanje poveča možnost, da bo dana informacija shranjena (3), vendar pa tega ne zagotavlja (2, 3). Dolgoročni spomin delimo na proceduralni in deklarativni spomin. Proceduralni spomin hrani znanje o tem, kako izvajati določene procese, od gibalnih do kognitivnih veščin (»vedeti kako«), medtem ko deklarativni spomin hrani informacije o stvareh (»vedeti kaj«). Deklarativni spomin nadalje delimo na epizodični in semantični. Epizodični spomin obsega avtobiografske informacije, ki so povezane s konkretnim časom in krajem, semantični spomin pa hrani splošno znanje o dejstvih, predmetih, dogodkih in odnosih med njimi (1).

Spominsko procesiranje informacij (Kateri so procesi spominskega delovanja?)

Iz vseh modelov spomina izhaja, da spomin ni neka omejena struktura, temveč je proces (11, 1). Pristop informacijskega procesiranja informacij predpostav-

lja, da v okviru spominskega delovanja sodeluje pet procesov: *pozornost, vkodiranje, shranjevanje, konsolidacija in obnavljanje informacij*.

Pozornost je sposobnost selektivnega zavedanja oziroma sposobnost osredotočanja ter ohranjanja zanimanja za določeno nalogo ali dejavnost z namenom optimalnega izkoriščanja omejenih zmogljivosti kognitivnega sistema in omogočanjem koherentnega delovanja organizma. Pozornost, predvsem selektivna, je pomemben proces, ki sodeluje pri vstopanju informacij v spominski sistem, saj se brez ustreznih oziroma nemotnih pozornostnih sposobnosti informacije v spominski sistem ne morejo vkodirati. *Vkodiranje* je registracija informacij med procesom učenja. Učinkovitost vkodiranja je odvisna od stopnje ali globine procesiranja informacij, le-to pa je odvisno od tega, ali in na kakšen način lahko informacije povežemo z že znanimi asociacijami. Ko je enkrat informacija vkodirana, je *shranjena* v dolgoročni spomin. Proces prenosa informacije iz kratkoročnega v dolgoročni spomin vključuje konsolidacijo informacije. *Konsolidacija* je proces organizacije kompleksnih informacij, s pomočjo katerega se informacije vkodirajo v dolgoročni spomin. V tem procesu organizacije imajo smiselne ali čustvene vsebine, ki so povezane z določeno informacijo, pomembno vlogo, saj jih lažje shranimo v dolgoročni spomin. Znano je, da je proces učenja smiselnih, »logičnih« vsebin lažji, ker je prenos takšnih informacij v dolgoročni spomin bolj učinkovit. Pojem konsolidacije se pravzaprav nanaša na nevrofiziološki proces shranjevanja spominskih sledi. Mnogi raziskovalci so mnenja, da se »epizodični spomini« sprva shranjujejo v hipokampusu, kasneje pa se počasi »premaknejo« (konsolidirajo) v neokorteks. Predpostavlja se, da se proces konsolidacije lahko zgodi med spanjem, morda celo med sanjanjem (12).

Obnavljanje vključuje dostop do informacij, ki so shranjene v dolgoročnem spominu. Sem spadajo procesi, preko katerih lahko »zmerimo«, koliko informacij smo si uspeli zapomniti oziroma ali so shranjene v dolgoročnem spominu. Spontan priklic je najtežji proces obnavljanja informacij, ki vključuje spominjanje informacije brez vsakršne dodatne pomoči (npr.: »Kako je bilo ime učiteljici matematike v srednji šoli«), priklic s pomočjo namiga je nekoliko lažji (npr.: »... njeno ime se prične s črko M ...«), prepoznavanje pa je še bolj enostavno (npr.: »Ali ji je bilo ime Mojca ali Mateja?«), saj omogoča izbiranje ustrezne informacije izmed več možnih odgovorov. Priklic in prepoznavanje sta dva izmed najpomembnejših procesov, s pomočjo katerih lahko izmerimo, kolikšne so posameznikove sposobnosti obnavljanja naučenega gradiva v spominski shrambi, obstajajo pa tudi drugi načini (npr. ponovno učenje).

Dobro se je zavedati, da so lahko informacije v dolgoročnem spominu »shranjene«, niso pa vedno dostopne, saj je gotovo že vsakdo kdaj izkusil priklicati določeno besedo, ki jo je »imel na koncu jezika«, vendar mu ni uspelo brez ustreznih strategij ali pomoči. Ta fenomen le še dodatno dokazuje, da spomin ni proces, kjer gre za »vse ali nič«, temveč kaže celovitost delovanja spomina (11).

Pozabljanje

Teorije pozabljanja

Ebbinghaus (1) je bil pravzaprav prvi raziskovalec, ki se je posvetil sistematičnemu proučevanju pozabljanja. Izpostavil je, da je pozabljanje logaritmčna funkcija, na začetku je izjemno hitra, nato pa je padec krivulje vse manjši. Kasnejše raziskave so njegovo ugotovitev potrdile. Pozabljanje zrcali stopnjo izgube informacij oziroma njihovo nedostopnost, saj nezmožnost »spominjanja« še ne pomeni, da je bila določena informacija izgubljena za vedno. Pozabljanje v okviru kratkoročnega spomina ima celo pozitivno funkcijo, saj bi se sicer naš um zapolnil z mnogimi trivialnimi, nepomembnimi informacijami, tako da bi bilo skorajda nemogoče izbrati najpomembnejše med njimi in uporabiti le tiste, ki bi jih potrebovali za sprejemanje določenih odločitev. Lahko rečemo, da nam pozabljanje nepomembnega omogoča, da si zapomnimo pomembno. Obstaja več teorij (1, 11), ki skušajo pojasniti procese pozabljanja, naj omenim le štiri pogosto omenjene razlage.

Potlačitev

Po Freudu (10) naj bi neprijetne ali nesprijemljive spomine namerno pozabljali. Potisnjeni so namreč v podzavest z razlogom, da posamezniku z njimi ni potrebno živeti. Čeprav niso vse podrobnosti Freudove teorije splošno sprejete, pa se mnogi psihologi strinjajo z dejstvom, da je tovrstna motivacija pozabljanja možna.

Izkrivljanje

Na spomine lahko vplivajo naši interesi in vrednote. Tako si zapomnimo določene stvari na način, kot si jih *želimo* zapomniti. Ilustrativen primer je naloga, ki zahteva od posameznika, da si skuša zapomniti naslednje besede: »postelja, počitek, zburjanje, utrujenost, sanje, noč, hrana, udobje, zvok, buden, zabava, smrčanje«. Ko ljudi vprašamo, katere besede so si zapomnili, jih večina navede tudi besedo »spanje« le zato, ker je večina besed na seznamu povezana s to besedo in se zdi, da bi beseda »spanje« morala biti na seznamu.

Ugašanje (razpad spominske sledi v času)

Ta razlaga predpostavlja, da naj bi vsi spomini povzročali neko spominsko sled v možganih, ki postopoma »ugasne«, še posebej če se je ne uporablja. To je ena izmed najstarejših in najbolj razširjenih razlag pozabljanja.

Interferenca

Ta razlaga za razliko od prejšnje ni odvisna od časovne komponente, ampak naj bi bilo pomembno, kaj se v tem času dogaja. Večino pozabljenega je posledica interference ostalih naučenih vsebin. Interferenca se ne nanaša toliko na količino novo naučenih informacij, temveč bolj na vsebino, *kaj* je torej tisto, zaradi česar pozabimo. Kadar informacije, ki smo se jih naučili v preteklosti, lahko ovirajo priklic informacij, ki

smo se jih naučili nedavno, govorimo o *proaktivni interferenci*. Obratno pa lahko informacije, ki smo se jih naučili nedavno, ovirajo priklic informacij, ki smo se jih naučili v preteklosti. Tedaj govorimo o *retroaktivni interferenci*. To lahko ponazorimo s primerom: recimo, da smo prejšnji teden na poslovnem sestanku spoznali skupino ljudi, nekaj novih znancev pa smo pridobili prejšnji večer na zabavi. V primeru, da se želimo spomniti imen ljudi z zabave, se nam lahko zgodi, da se nam bodo nenehno vsiljevala le imena ljudi s sestanka – govorimo o proaktivni interferenci. O retroaktivni interferenci pa govorimo takrat, ko se ne moremo spomniti imen ljudi s sestanka, ker se nam nenehno vsiljujejo imena ljudi z zabave.

Vsekakor ugotovitve mnogih raziskav (11, 13) nakazujejo, da je pojav interference odgovoren za večino pozabljenih informacij, za ostale teorije pa ne obstaja dovolj empiričnih dokazov, da bi z njimi lahko objektivno pojasnjevali proces pozabljanja.

Zaključki

Nevroznanstveniki se predvsem v zadnjem času posvečajo raziskovanju možganov kot celote, saj skušajo pojasniti, katera so ključna možganska področja in potencialni molekularni mehanizmi za tvorjenje »spominov«. Opisi delovanja spominskega sistema temeljijo na teoretičnih modelih, ki se ob razmahu slikovnih študij spomina vse bolj spreminjajo, razvijajo in dopolnjujejo.

Literatura

1. Baddely AD. Essentials of human memory. East Sussex: Psychology Press; 2003.
2. Howieson DB, Lezak MD. Separating memory from other cognitive problems. In: Baddely AD, Wilson BA, Watts FN, eds. Handbook of memory disorders. New York: John Wiley & Sons; 1995. p. 411–26.
3. Lezak MD. Neuropsychological assessment. New York: Oxford University Press; 1995.
4. Baddely AD. Short-term and working memory. In: Tulving E, Craik FIM, eds. The Oxford handbook of memory. Oxford: Oxford University Press; 2000.
5. Hutton UMZ, Towse JN. Short-term memory and working memory as indices of children's cognitive skills. Memory 2001; 9: 383–94.
6. Baddely AD, Hitch GJ. Working memory. In: Bower GH, ed. The psychology of learning and motivation, vol. 8. London: Academic Press; 1974.
7. Baddely A. Working memory: The interface between memory and cognition. In: Gazzaniga MS, ed. Cognitive neuroscience: A reader. Oxford: Blackwell Publishers; 2000.
8. Baddely A. The episodic buffer: An component of working memory? Trends in Cognitive Science 2000; 4: 417–23.
9. Rypma B, D'Esposito M. The roles of prefrontal brain regions in components of working memory: Effects of memory load and individual differences. Proc Natl Acad Sci 1999; 96: 6558–63.
10. Rypma B, Berger JS, D'Esposito M. The influence of working-memory demand and subject performance on prefrontal cortical activity. J Cog Neurosc 2002; 14: 721–31.
11. Higbee KL. Your memory: How it works and how to improve it. New York: Marlowe & Company; 2001.
12. Lee JL, Everitt BJ, Thomas KL. Independent cellular processes for hippocampal memory consolidation and reconsolidation. Science 2004; 304: 839–43.
13. Parkin AJ. Memory and amnesia. Oxford: Blackwell Publishers; 1997.