

KARDOS LAJOS és ZÖLD GYULA

ELTE Általános Pszichológiai Tanszék, Budapest

IDŐI DIMENZIÓ A RÖVID LEJÁRATÚ ÁLLATI EMLÉKEZETBEN

1. Bevezetés és kérdésfeltevés

Az újabb összehasonlító pszichológiai vizsgálatok — főként Olton és munkatársainak a kísérletei a csillagformájú útvesztővel (OLTON és SAMUELSON, 1976; OLTON, 1977) — mint azt egyik korábbi munkánkban kifejtettük (KARDOS és ZÖLD, 1985) — döntő bizonyítékot hoztak arra, hogy az állatnál is megkülönböztethetünk rövid és hosszú lejáratú emlékezetet. Sőt Olton kísérleti eredményei — bár a szerző erre nyíltan nem utal — azt is jól demonstrálják, hogyan és milyen adaptív módon működik együtt a kétféle emlékezet az állati tanulásban.

Az, hogy Olton a talált jelenségeket az állati emlékezettel magyarázta, valójában nagyon jelentős szemléletváltásról tanúskodik, mely az utóbbi évtizedekben következett be. Az alapjelenséggel ugyanis, melyet a kísérletek oly világosan feltártak, az útvesztő-kísérletek végzői már régen találkoztak, de egészen másképp fogták fel. Például a következőt találták: Egy egyszerű T-útvesztő mindkét ágának végébe ennivalót tettek. Az éhes állat (patkány) természetesen vaktában választott. Közvetlenül az után, hogy például a baloldali ág végében ennivalót talált, s azt megette, kivették onnan és visszatették az útvesztő bejáratához. Az állat a második próbában az esetek több, mint 80%-ában a másik ágot, a jobb oldalt választotta (DENNIS, 1939; HEATHERS, 1940). Azt is megfigyelték, hogy „az ismétlés elkerülése” (the avoidance of repetition) az idő múlásával gyorsan kialszik, de néha 12 órával később még megmutatozik (ZEAMAN és HOUSE, 1951). Magyarázatért természetesen az akkori idők nagy teoretikusának, Hullnek elgondolásaihoz folyamodtak: reaktív gátlás. Ugyanannak a reakciónak rövid időn belüli megismétlését valamilyen mechanizmus gátolja. Érdekes, hogy sem Hullt, sem követőit nem zavarta az, hogy a feltételezett mechanizmus biológiai értelmét nehéz belátni. Hogyan alakulhatott ki ilyen mechanizmus a fejlődés során? Milyen „szelekciós nyomás” alatt? Milyen biológiai előny alapján?

Meg kell azonban említenünk, hogy már az egykorú kutatókban is kételyek merültek fel a reaktív gátlással szemben — főként azért, mert Hull elképzelése szerint ez a gátlás nagyon átmeneti, míg a jelenség kialakása a kísérletekben viszonylag lassú volt. Egy másik magyarázattal is próbálkoztak: léteznék egyfajta „alternálási tendencia”. Nem eszméltek rá arra, hogy ezzel a tényrt valójában csak átnevezték, tudományosab-

ban hangzó terminussal látták el, de nem magyarázták meg. Megint tovább léphettek volna, ha a jelenség biológiai értelmét keresik: mi a „túlélési értéke” („survival value”) az ilyen alternálási tendenciának?

Olton szemléletmódja már — feltehetően az új kognitív irányzat sugalmazására — nem viselkedéscentrikus, nem viselkedésgátlásra vagy viselkedésalternálásra gondol, sőt jól megokoltan azt is elveti, hogy valamilyen „viselkedési stratégia” („algorithmus”) alakulna ki. Egyszerűen úgy véli, hogy az állat emlékezik a helyre, ahol már volt, és nem megy oda még egyszer. Nyíltan ő sem teszi fel a kérdést: az, hogy erre emlékezik, miért tartja vissza attól, hogy újra odamenjen? Szerintünk is emlékezésről van szó, de mi még hozzáfűzzük: az állat nem egyszerűen a helyre emlékezik, ahol már volt, hanem az üres, ennivalót már nem tartalmazó helyre, vagy — ahogy mi szívesebben mondjuk — mnemikusan „látja” az illető ág üres végét. Csak természetes, hogy nem megy olyan helyre, ahol nem lát — akárcsak mnemikusan — ennivalót, hanem csak üres ételtartót. Tehát más irányban kezd keresni. Kezdetben néha visszatér az előzőleg már választott ágba; ez azzal magyarázható, hogy a rövid lejáratú emlékezet a választások során (8-szor kellett különböző ágba mennie) ingatagnak és mulékonynak bizonyult.

Különös szituáció állt elő azokban a kísérletekben, melyekben az állatokat akkor jutalmazták, ha visszatértek ugyanabba az ágba, amelyben előzőleg voltak, s az ennivalót elfogyasztották — tehát abba az ágba, melynek üres végét szerintük mnemikusan „látták”. (Ezt technikailag úgy oldották meg, hogy az állat távozása után újra ennivalót tettek az illető ág végébe — OLTON, HANDELMAN és WALKER, 1981; ROITBLAT, THAM és GOLUB, 1982). Az éhes állatnak olyan helyre menni, melyet üresnek lát (akár ha csak mnemikusan), természetellenes, minthogy éppen az ösztönző („incentive”) hiányzik. Ezt a változatot („win-stay”) a kísérleti állatok (patkányok, majmok, halak) sokkal nehezebben tanulták meg, mint a másikat, amelyben egy másik ágba kellett menniük a táplálékért („win-shift”). Hajlunk arra a magyarázatra, hogy az állatoknak a „win-stay” változatban valahogy le kellett állítaniuk a rövid lejáratú emlékezetet, hogy pusztán a megerősítés alapján tanuljanak. Ez érthető módon lelassította tanulásukat. Viszont ebben a változatban a rövid és a hosszú lejáratú emlékezet összjátéka, melyet fent leírtunk, elmaradt.

Az egyre kiterjedtebb kutatás ezen a területen a rövid lejáratú emlékezet egy olyan mozzanatát is felderítette, melynek különleges jelentőséget kell tulajdonítanunk. Ennek teljes megértéséhez kis kitérőt kell tennünk az emberi emlékezetre. Gyakran célszerűnek bizonyult az emlékezet különböző formáit a tanulmányozás során osztályozni. Például az egyik tanulmánykötetben (NORMAN, 1970) kb. 25 féle emlékezeti kategóriát különböztetnek meg. Ilyenek a „megszerzési emlékezet” („acquisition memory”), az „aktív emlékezet”, auditív és vizuális emlékezet, nem is szólva a rövid, nagyon rövid és hosszú lejáratú emlékezetéről. Újabban azonban különleges jelentőségre emelkedett egy újfajta osztályozás, melyet TULVING (1972) javasolt: *epizodikus és szemantikus emlékezet*. A kifejezés „szemantikus emlékezet” először a 60-as évek végén (QUILLIAN, 1968) jelenik meg az irodalomban. Lényege Tulving fogalmazásában: „... az az emlékezet, mely a nyelv használatához szükséges. Ez a szellemi javak egy tára („a mental thesaurus”), a személy organizált ismerete szavakról és más verbális szimbólumokról, azok jelentéséről és utalásairól („referents”), a közöttük levő viszonyla-

tokról, szabályokról, formulákról és algoritmusokról, melyek a szimbólumokkal, fogalmakkal és viszonylatokkal való manipulálásnál érvényesülnek.” (TULVING, 1972, 386. old.). Ezzel az emlékezeti formával szembeállítja Tulving azt a formát, melyet epizodikus emlékezetnek nevez. Erre szerinte jellemző: „Az epizodikus emlékezet felvesz és tárol információkat időileg meghatározott (temporally dated) epizódokról és eseményekről, és az idői-téri relációkról, melyek azok között fennállnak. Az érzékelt esemény (perceptual event) csak érzékelt tulajdonságaiban és attribútumaiban tárolódhatik az epizodikus rendszerben, mindig autobiográfikus utalásokkal az epizodikus emlékezet már létező tartalmára.” (387–388. old.). Illusztráló példákat is hoz mindkét emlékezeti kategóriára. Szemantikus emlékezet: emlékezem arra, hogy a közönséges konyhasó vegyi képlete NaCl. Epizodikus emlékezet: emlékezem, hogy múlt évben nyári szabadságom alatt találkoztam egy nyugalomba vonult tengerészkapitánnyal, aki több viccet tudott, mint bárki más, akivel eddig találkoztam. — Az epizodikus emlékezetre vonatkozóan még hozzáfűzzük, amit Tulving a továbbiakban kifejt: „Az epizodikus emlékezet a személy élményének többé-kevésbé hű másolata (a more or less faithful record, 387. old.).

Feltesszük a kérdést: hogyan viszonylik mindehhez az állati emlékezet? A szemantikus formát eleve kizárhatjuk, minthogy az állatnál nincs nyelvhasználat. (Itt eltekintünk attól, hogy egyes főemlősöket valamilyen nyelvhasználatra sikerült megtanítani — aminek értelmezése sokak által még erősen vitatott.) Ami az epizodikus emlékezetet illeti, két olyan mozzanatot emelünk ki, amelynek megléte az állati emlékezetben eleve problematikus. 1. Idő-i meghatározottság — vagyis, hogy a felmerülő emlék korábbi vagy későbbi-e, mint egy másik epizodikus emlék. 2. Az autobiográfiai utalás — vagyis, hogy a felmerülő emlék életünk egy meghatározott időpontjában vagy szakaszában történt eseményt idéz-e fel. Az idő-i meghatározottságot már Tolman kétségbe vonta. Úgy vélte, hogy az állatnál „igazi emlékezet” (true memory) még nem alakult ki, csak az emlékezetnek valamilyen „őstípusa”, melyet ő mnemonizációnak” nevezett, s amelynek még nincs idő-i dimenziója. Ezt írja: „... ahhoz, hogy a ‘mnemonikus’ elvárás tovább specializálódjék ‘emlékezetté’, kell, hogy magába foglaljon — *járulékosan* — egy olyan jellegű mozzanatot, hogy az, amit elvár (a ‘significate’) így és így helyezkedik el az *idő-i* dimenzióban. Mindaddig nincs semmilyen bizonyítékunk arra, hogy bármely szubhumán állat, még a majom sem — a patkányról nem is beszélve — emlékezni tudna ilyen szűkebb idő-i értelemben. Vagyis nincs bizonyítékunk arra, hogy az állat választani tudna adott tárgyak között azok idő-i ‘múltságának’ (‘pastness’) *foka*, vagyis azok ‘dátuma’ alapján. Tehát nincs bizonyítékunk, mely az állat ‘igazi emlékezetére’ utalna.” (TOLMAN, 1932, 139–140. old.). Még kevésbé van bizonyítékunk arra, hogy az állat emlékei élettörténetének valamely szakaszára utaló jeggyel rendelkeznének. Úgy tűnik, az állat nem emlékszik vissza az „élettörténetére”.

Ugyanakkor a lokomóciós tanulásról végzett kísérletek hosszú sora bizonyítja az állati emlékezet különleges téri meghatározottságát. Különleges azért, mert e téri meghatározottság éppúgy elidegeníthetetlen jegye az állat emlékezésének, mint ahogy jegye az érzékelésének. Kissé elnagyoltan így mondhatjuk: az állat — talán pontosabban, mint az ember — emlékezik arra, mi *hol* van vagy történik (tőle milyen irányban és távolságra), de arra nem, hogy mi *hol* volt vagy történt *egy korábbi időpontban*, például tegnap, vagy *mikor* érzékelt vagy tapasztalt valamit. Az állat emlékezete eszerint közel

állna az epizodikus emlékezethez, amennyiben térileg meghatározott, de ugyanakkor hasonlítana a szemantikus emlékezethez, amennyiben idői és autobiográfiai jegye nincs.

Szinte bizonyosnak látszik, hogy ez az elképzelés az állat hosszú lejárátú emlékezetére teljességgel érvényes. De abban az időben, amikor Tolman azt állította, hogy nincs bizonyítékunk arra, hogy az állat — még a majom sem — tudna választani tárgyak között azok „múltságának foka” vagyis „dátuma” alapján, még nem különböztették meg a hosszú és rövid lejárátú emlékezetet — még embernél sem. Pedig Pavlov laboratóriumában már a század elején regisztráltak bizonyos jelenségeket, melyek éppen az idői jelleg vonatkozásában elgondolkoztatóak. Az egyik idevágó kísérlet: a bőr mechanikus ingerlésére a szokott módon feltételes nyálazó reflexet alakítottak ki. Majd késleltették a feltétlen inger megjelenését. Az állat a feltételes inger megszűnése után csak 1–3 perc múlva kapott enni. Ennek a hatása kezdetben ugyanaz volt, mint ha egyáltalán nem kapott volna enni. Később a feltételes reflex mégis megjelent, de jóval hosszabb latencia-idővel; az állat a feltételes inger megszűnése után — körülbelül akkor, amikor a késleltetett megerősítésnek következnie kellett — nyálazott. Így állott elő a „késlekedő” feltételes reflex. Különösen fontos számunkra az, amit Pavlov az újfajta kapcsolatot meg-alapozó idegrendszeri mechanizmusról mond. Mihez kapcsolódik itt tulajdonképpen a feltételes reflex? Mi váltja ki? Hiszen a feltételes inger már percekkel előbb megszűnt, tehát nem hat többé. A legközelebbfekvő feltételezés a következő: az a hatás, melyet az inger az idegrendszerben felidéz, az inger megszűnése után csak fokozatosan tűnik el. Pavlov így fogalmazza: „nem a meglevő inger ... válik feltételes ingerré, hanem annak nyoma a központi idegrendszerben” (PAVLOV, 1953, 34. old.). Pavlov előtt világos, hogy ez a nyom — emléknym. Az így keletkező reflexeket „emléknymoreflexeknek” nevezi. Ez nem pusztá elnevezés. Bizonyos felfogást tükröz, melynek lényege az, hogy az inger utóhatásában az emlékezés alapjelenségét kell látnunk.

De Pavlov elképzelése az alapul szolgáló idegrendszeri mechanizmusról ennél tovább megy: a reakció nem az utóhatáshoz általában kapcsolódik hozzá, hanem *egy bizonyos időpontban fennálló utóhatáshoz*, például ahhoz, mely az inger megszűnése után két perccel még tart. Másképp nem volna lehetséges az „időzítés” (azaz, hogy a reakció a feltételes inger után csak bizonyos idő elmúltával következik). A reakció tehát — a kondicionálás alapelvének megfelelően — ahhoz a fázishoz kapcsolódik, *mellyel időben egybeesett*. A fázisok elkülönüléséről is van Pavlovnak konkrét elképzelése: az utóhatás különböző időpontban beálló fázisai intenzitásban különböznek egymástól (minőségben nagyjából változatlanok maradnak.) Ez teszi szerinte lehetővé a korábbi és a későbbi emléknym megkülönböztetését.

Pavlov kísérletei és elméleti elgondolásai nyilván a közvetlen, rövid lejárátú emlékezetre vonatkoznak. Ezen belül tehát, úgy tűnik, van lehetőség a „múltság foka” („degree of pastness”) alapján való megkülönböztetésre. S most ugorjunk jó 70 évet és nézzünk egy modern kísérletet, melyet galambokkal végeztek (SHIMP, 1976)! A kísérleti helyiségben három kivilágítható gomb volt egymás mellett egy alkalmas táblán. A kísérletnek két fázisa volt. Az első fázisban az egyik oldalsó gomb felületén egy fehér „x” jelent meg. Amint a galamb a gombra rákoppintott (ezt a reakciót az előkísérletekben gyakorolta), az „x” eltűnt, s mind a három gomb sötét lett. Kis szünet („inter-stimulus interval”, ISI) után, melynek tartamát variálták, megint megjelent a fehér

„x” ugyanazon vagy egy másik oldalsó gombon. Miután a galamb erre is rákoppintott, és az „x” megint eltűnt, következett egy további ISI. Ennek leteltével ugyanazon vagy más oldalsó gombon megjelent a fehér „x” — ezúttal tehát harmadszor. Az állat erre is rákoppintott, mire a három gomb egyformán sötét lett. Ezután következett az ún. *megtartási szünet* („retention interval”), melynek tartamát a kísérletben ugyancsak variálták. Ezt követte a második fázis: a középső gomb (mely eddig egyáltalán nem szerepelt) kigyulladt, éspedig piros, kék vagy fehér színben. Mikor az állat erre rákoppintott, a fény a középső gombon kialudt, de a két oldalsó gomb ugyanabban a színben fényleni kezdett. Tehát: ha a középső gomb például kék volt, a rákoppintás után a két oldalsó gomb lett kék. Az állatnak meg kellett tanulni a következőt: ha a két oldalsó gomb piros lett, akkor azon az oldalon kellett koppantania, amelyiken az előző fázisban az „x” *először* jelent meg; ha az oldalsó gombok kékek lettek, akkor azon az oldalon kellett koppantania, ahol az előző fázisban az „x” *másodszor* jelent meg, s végül ha az oldalsó pontok fehérek lettek, azt az oldalsó gombot kellett csőrével megcéloznia, amelyen az „x” utoljára (vagyis *harmadszor*) megjelent. Csak ezeket a „helyes” reakciókat erősítették meg. A piros gombok esetén tehát a legkorábbi „x”-megjelenéséhez, a kék szín esetében a későbbi (recensebb), a fehér fény esetében a legkésőbbi (legrecensebb) megjelenéséhez kellett a koppintással igazodniuk. Az első fázisban kísérletről kísérletre variálták az „x” megjelenési helyének sorrendjét. A második fázisban ugyancsak variálták a különböző színek megjelenésének sorrendjét. De mindegyik egyenlő számú alkalommal volt első, második vagy harmadik. Nagyszámú próba után (három galambbal, naponta 35 percig és több napon át) az állatok teljesítménye elég magas valószínűségi szintet ért el, vagyis a feladatot nagyjából megtanulták. Majdnem száz százalékos volt a teljesítmény a legutolsó (legrecensebb) „x” megjelenéséhez való igazodásban.

Elgondolkodhatunk azon, hogy az állati emlékezetről eddig kialakított modellünk segítségével hogyan képzelhetjük el a fenti teljesítményt megalapozó folyamatokat. Egyik változat: az állat emlékezetében reprodukálódik az egész előző történés, vagyis mégegyszer mnemikusan „látja” az „x”-ek felvillanását a megfelelő oldalon és sorrendben. Nyitva hagyjuk a kérdést, hogy valamiképpen a közbeékelt rákoppintások is — kineztikus emlékképek formájában — felidéződnek-e. Eddigi vizsgálódásaink során ilyen emlékezés feltételezésére nem volt szükség. Az állat viselkedését a mnemikus történés fázisai a prezentálás sorrendjében megfelelően irányították a bal vagy a jobb oldali gomb felé. A következetes megerősítés segítségével a viselkedés *irányító mozzanatai* lettek. A piros szín megjelenése esetén a legkorábbi „x”-felvillanás helye, a kék megjelenésénél a későbbi, a fehér szín esetén a legkésőbbi „x”-felvillanás helye vált irányító mozzanattá. Egy másik feltevés: az egyes oldalakon történő „x”-felvillanások egymástól függetlenül de meghatározott idői jeggyel, mint korábbi, későbbi és még későbbi felidéződnek s az adott szín érzékletével társulva hívják elő a meghatározott oldalra irányuló viselkedést. Mindenesetre szükségszerűnek tartjuk, hogy valamilyen mnemikus felidéződésnek, emlékképnek szerepe van a viselkedés determinációjában. És bármint legyen is, e kísérlet eredményei meghaladják Tolman korábban idézett állítását, mely szerint „nincs bizonyítékunk arra, hogy az állat választani tudna két tárgy (ez esetben két hely) között azok ’múltsága’ (‘pastness’) alapján”. Mindenesetre az idői dimenzió megjelenése — ugyanúgy mint Pavlov késlekedő feltételes reflexeinek kialakí-

tásában — csak a közvetlen, rövid lejáratú emlékezetben mutatható ki. Mégis a fenti kísérlet eredményei nagyon jelentősek, mert talán felderítették azt a láncszemet a fejlődésben, mely az emberi emlékezet méltán megcsodálható idői rendezettségéhez vezet.

Tudománytörténetileg nem érdektelen, hogy nagyjából ugyanabban az időben — mielőtt még Shimp fenti kísérleteit ismertük volna — mi is eljutottunk az állati emlékezet idői dimenziójának kérdéséhez, és kísérleteket végeztünk, melyek némileg hasonlóak Shimp fenti kísérleteihez. Mindenesetre közvetlenebb és egyszerűbb eljárást alkalmaztunk. Azonkívül kísérleti állataink patkányok voltak. De kérdésfeltevésünk ugyanaz volt: meg tudja-e az állat különböztetni a korábbi a későbbitől — rövid lejáratú emlékezetében?

2. A kísérletek

1. kísérlet

Kérdésfeltevésünknek megfelelően a kísérletek alapjául szolgáló elgondolásunk a következő volt: az állat jól észlelhetően tanúja két eseménynek, melyek csak két ponton különböznek egymástól: különböző helyen történnek, s az egyik később történik, a másik korábban. Egyébként mindkét esemény egyenlő. Utána az állattól olyan reakciót várunk el, mely arra a helyre irányul, ahol a korábbi esemény történt (I. csoport), vagy amely arra a helyre irányul, ahol a későbbi esemény zajlott le (II. csoport). Ez valószínűleg azt jelenti, hogy az éhes állatnak csak azt a reakcióját erősítettük meg, mely a korábbi, illetve a későbbi esemény helyéhez igazodik. Meg tudja-e tanulni az állat ezt az igazodást?

a) *A kísérleti apparátus.* Egy különleges diszkriminációs dobozt készítettünk 20 cm magas, barnára pácolt fából való falakkal. Alaprajzát az 1. ábra szemlélteti (a vastag vonalak a falakat ábrázolják). Az induló helyiséget (V az ábrán) felhúzható, átlátszó plexilap zárja le (szaggatott vonal az ábrán). Az induló helyiségből az állat a plexifalon át mindkét célfülkébe (F₁ és F₂ az ábrán) jól beláthatott és áttekinthette az előttük levő térrészt is. A dobozt felülről facsapok által biztosított, ugyancsak átlátszó plexilap takarta le, mely megakadályozta az állatok esetleges kijutását az apparátusból, de biztosította a kísérletvezető számára az állatok viselkedésének megfigyelését. Mindkét célfülkében a hátsó fal közepén fent kis 1,4 W-os skálaizzó jellegű, 2 lux erősségű lámpa volt, melyet manuális kontaktérrintkező rendszerrel lehetett felgyújtani és leoltani. Két pontosan ugyanilyen diszkriminációs berendezést készítettünk, hogy a két — fent leírandó — kísérleti változatot két különböző állatcsoporttal párhuzamosan elvégezhessük.

b) *A kísérleti eljárás.* A 23 órán át éheztetett és szomjaztatott állatokat kézzel az induló helyiségbe tettük. 15 mp-ig hagytuk, hogy nézelődjének. Mint említettük, szabadon áttekinthették a terepet és a célfülkébe is beláthattak. A nézelődési idő elteltével a lámpa az egyik fülkében kigyulladt. Majd 5 mp múlva kigyulladt a lámpa a másik fülkében is. Hagytuk, hogy az állat a két kivilágított fülkét 3 mp-ig nézhesse. Ezután a záró plexilapot felhúztuk, s az állat szabadon futhatott a célfülkék felé. Az állatok

nek a sajátos tereppel. Ezek tehát tulajdonképpen *előgyakorlatok* voltak, melyeknek eredményeit nem regisztráltuk. A tulajdonképpeni kísérletek ezután következtek. A kissé szokatlan előgyakorlás másik célja az volt, hogy a gyakoroltatott állatok közül kiválasszuk azt a 10-et, melyek a legaktívabbak voltak, viszonylag rövid latenciaidővel kezdtek és jól exploráltak. Az így kiválasztott 10 állattal kezdtük el a tulajdonképpeni kísérletet.

Az állatok kritériumig tanultak. A kritérium 10 egymásutáni jó futás volt. Jó futásnak számított, ha az állat mindjárt elsőnek a kívánt és megerősítést tartalmazó (egyik változatban a korábban, a másik változatban a később kivilágított) fülkébe legalább fél testhosszal bement. Az ún. korrekciós módszert alkalmaztuk, vagyis, ha az állat a nem megfelelő fülkét választotta, megvártuk, amíg megkísérli a másik (jó) fülkét is; ahol az ennivalót elfogyaszthatta és ihatott. Csak ezután vettük ki az apparátusból. Ha az állat 2 percig nem futott be a jó fülkébe — vagy egyáltalában nem választott — kivettük az apparátusból és a futást rossznak minősítettük.

A kísérletvezető jegyezte a következő paramétereket: az indulás orientációját, vagyis azt, hogy az állat melyik célfülke irányába indul, függetlenül attól, hogy végül melyik fülkét választja; a latenciaidőt, mely az induló helyiséget lezáró plexilap felhúzásától a helyiség elhagyásáig terjed (vagyis amíg azt legalább fél testhosszal el nem hagyja). Regisztráltuk továbbá a választási időt, mely a latenciaidő végétől a helyes célfülkébe való befutásig tart. Jegyeztük még azt is, hogy az állat a bejutás után ténylegesen evett és ivott-e.

c) *A kísérleti állatok.* Mindkét kísérleti változatban („korábbi”, „későbbi”) 9 fehér patkány vett részt. Egy-egy patkány mindkét csoportban a kísérletezés során elpusztult. Koruk 2—4 hónap volt. A két kísérleti változat állatai ugyanabból a törzsből valók voltak.

3. Az eredmények

Az első változatban, amelyben a *korábban* kivilágosodó fülkét kellett az állatoknak választaniuk, csak 3 állat érte el a kritériumot — 82, 179 és 243, átlagban 168 futás után. A többi állatnál csak csekély tanulási tendencia mutatkozott, úgy hogy 250 futás után a további kísérletezést velük abbahagytuk. A regressziós számítások alapján 724 próba után, átlagban ezek is elérték volna a kritériumot.

A másik változatban, melyben az állatoknak a *később* kivilágított fülkét kellett választaniuk, az eredmények jobbak voltak. Itt 5 állat érte el ténylegesen a kritériumot — 22, 86, 124, 151 és 216, átlagban 119,6 futás után. Minthogy a többi állatnál a tanulási tendencia itt sem volt számottevő, a kísérleteket 250 próba után lezártuk. De a regressziós számítás szerint ebben a változatban az állatok átlagban már 384 próba után elérték volna a kritériumot. A többi paraméter változásai említésre méltó eredményt nem hoztak.

Bár a szórás mindkét változatban elég nagy, a különbség a két változat — „korábbi” és „későbbi” — között szignifikáns, a kétmintás t-próba alapján. Ez azt jelenti, hogy az állatok a későbbi, recensebb esemény emlékéhez könnyebben tudtak igazodni.

4. II. kísérlet

Fenti kísérletünk eredményét talán befolyásolta egy körülmény, mely éppen a mi elméleti elgondolásunk szerint számításba jöhet. Az állatok két megvilágított fülke közül választottak. Emlékképeiknek a különböző időpontokban kivilágosodó fülkékről — amennyiben azok szigorú lokalizáltságát feltételezzük — pontosan ott kellett megjeleníteniük (mnemikusan ott „látták” azokat), ahol ugyanakkor ténylegesen égő lámpákat láttak. Ez a helyi „ütközés”, mint azt már más munkánkban is feltételeztük (KARDOS és ZÖLD, 1985) megnehezítheti az emlékképek megjelenését és hatékonyságát. A felgyulladó lámpa emlékképe nehezen versenyezhetett az ugyanakkor megjelenő égő lámpa érzékletével. Shimp kísérletében a második fázisban különböző színben kivilágított gombok észlelése talán kevésbé zavarta a mnemikusan megjelenő fehér „x”-eket, melyek könnyen rávetülhettek a különböző színű alapokra. Kísérletünket éppen ezért egy másik változatban is elvégeztük.

Az eljárásbeli különbség csak annyi volt, hogy miután az állatok a két kivilágított fülkét 3 mp-ig nézhették, nem engedték ki őket mindjárt az indulóhelyről, hanem előbb megszüntettük a világítást a fülkékben, s csak további 3 mp után húztuk fel a záró plexilapot. Az állatok tehát két kivilágítatlan fülke között választhattak. Egyébként a kísérletet ugyanabban az apparátusban végeztük — természetesen új, naiv állatokkal.

Úgy véltük, a sötét fülkék látványa kevésbé „ütközik” a felgyulladó lámpák ugyanoda lokalizált emlékképeivel, s ez talán megkönnyíti a tanulást. Az állatok feladata megint az volt, hogy az egyik (a „korábbi”) változatban abba a fülkébe menjenek, amelyben korábban gyulladt fel a villany, a másikban (a „későbbiben”) abba, amelyikben később gyulladt fel. Mindenesetre ebben a kísérletben az állatoknak 3 mp-cel *korábbi látványokra* kellett emlékezniük, mint az I. kísérletben, aminek a rövid lejárátú emlékezetben jelentősége lehet.

Ugyancsak jelentősége lehet annak, hogy ebben a kísérletben — szükségből — nem albinó, hanem csuklyás patkányokat használtunk. Ezúttal 10–10 állat szerepelt mindkét változatban. Nem szerinti megoszlásuk: fele hím, fele nőstény. Koruk mindenesetre fiatalabb volt, mint az előző kísérletben: 1–4 hónap között — amit ugyan csak figyelembe kell vennünk.

5. Az eredmények

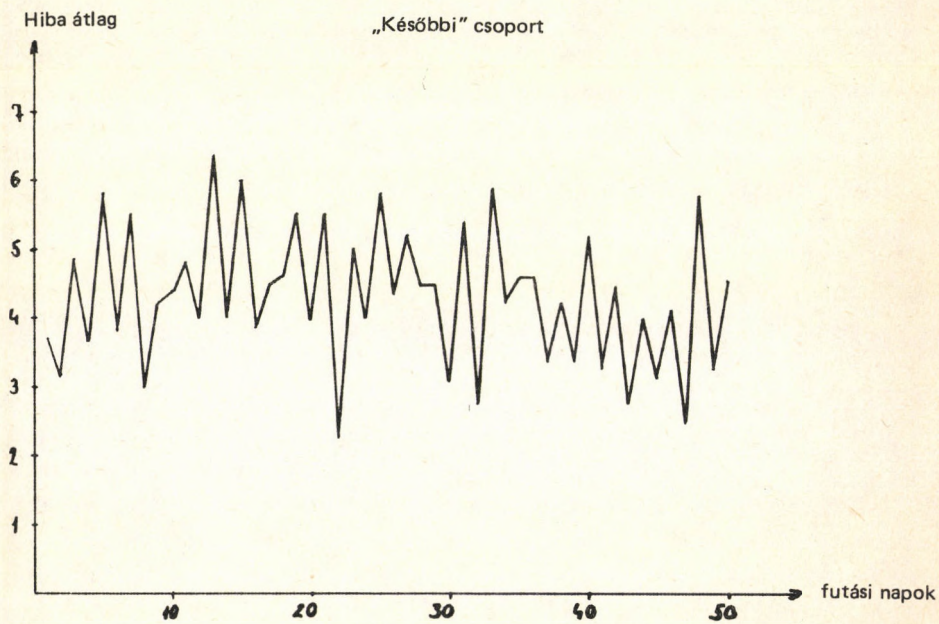
Bár az értékek nagy egészében ugyanabban a nagyságrendben mozognak, az állatok ebben a kísérletben valamivel jobb eredményt értek el. Mindkét változatban („korábbi” és „későbbi”) az állatok fele (5–5) elérte a kritériumot: a „korábbi” változatban az 5 állat 54, 91, 96, 101 és 193 futás után, a „későbbi” változatban 140, 189, 200, 231 és 232 futás után érte el a kritériumot. Az átlagérték a „korábbi” csoportban 107, a „későbbiben” 198,4 futás volt ($t=3,20$, $p=0,05$). A különbség szignifikáns. A többi állatnál itt is csak csekély tanulási tendencia mutatkozott. A kísérleteket 250 futás után itt is lezártuk. Úgy tűnik, mintha — az előző kísérlet eredményeivel ellentétben — itt a „korábbi” csoportban az állatok gyorsabban tanultak volna.

„Korábbi” csoport



2. ábra

„Későbbi” csoport



3. ábra

Mégis a kvantitatív eredmények értelmezésénél figyelembe kell venni egy különleges jelenséget, melyet ezekben a kísérletekben tapasztaltunk. A futásokat azokkal az állatokkal is folytattuk, amelyek már elérték a kritériumot. Kiderült, hogy ez a kritérium — a „korábbi” csoportban — nem jelent tartós tanulást. Az állatok tovább hibáztak, és újabb tízes hibamentes sorozatra úgyszólván nem került sor. Jobban szerepeltek a „későbbi” csoport tagjai, melyekkel ugyancsak folytattuk a kísérletet a kritérium elérése után. Tanulásuk tartósabbnak bizonyult. A tanulási tendencia alakulását mutatják a 2. és 3. ábrák, melyek a napi hibás futások számának alakulását szemléltetik a két kísérleti változatban. Az állatok, mint emlékezhetünk, naponta 5-ször futottak, ezekből számítottuk ki a hibázások napi átlagát — 50 napon át (összesen 250 futás). Láthatjuk, hogy a hibázások száma a „korábbi” csoportban csak kezdetben — kb. 80 futásig — fogynak jelentősebben, azután kb. 180 futásig újra inkább emelkednek, majd újra kissé csökkennek. A „későbbi” csoportban a lassú csökkenés inkább tartós. E csoport tagjai 250 próba után magasabb valószínűségi szintet értek el, mint a „korábbi” csoport állatai. A futások száma és a hibák száma közötti korreláció a „korábbi” csoportban nem szignifikáns ($r=-0,10$, $p<0,05$), míg a „későbbi” csoportban szignifikáns ($r=0,20$, $p<0,05$).

6. Az eredmények elméleti jelentősége

Első megközelítésben az eredmények úgy tűnik, megerősítik azt, amit Shimp kísérleteiben galamboknál talált, és pedig, hogy a mi kísérleti állataink viselkedésének irányát is az emlékképek különbözőképpen határozhatják meg — aszerint, hogy korábbi vagy későbbi eseményre vonatkoznak. Az, hogy nem mindegyik állat tudta a kísérleti feladatot megtanulni, nem mond ellent a feltételezésnek, hogy az állatnak megvan a képessége a „korábbi” és a „későbbi” megkülönböztetésre rövid lejárátú emlékezetében. Viszont azt mutatja, hogy ez a képesség egyénileg nagyon variábilis, és realizálódása nem mindegyik állatnál sikerül.

Mégis a mi kísérleteink esetében felmerülhet a kérdés, vajon teljesen kifogástalanul értelmeztük-e eredményeinket. S itt ki kell térnünk a következőkre: Intenzív kutatómunka folyik annak kiderítésére, hogy milyen jelentősége van az inger *idő mintázata*nak (temporal pattern) az észlelésben. Hogy pontosan értsük, miről van szó, egy köznap példát hozunk az ember életéből: a melódia élményét. Tisztán fizikailag a melódia — különböző magasságú, erősségű, tartamú stb. hanghullámok egymásutánja, vagyis történés, melynek sajátos idői mintázata van. Tudjuk, hogy a melódia élménye különleges szerepet játszott az egyik nagy igényű pszichológiai irányzatnak, az alaklélektanának, a megszületésében. Ehrenfels a múlt évszázad végén ezen demonstrálta az alakélményt. Az, amit a hangoknak ez az egymásutánja kivált — az élmény, csakúgy mint az alapul szolgáló idegrendszeri történés — sajátos egész, melyben sem a részek, sem azok idői vagy más jellegű viszonyai külön nem tükröződnek. Ugyanúgy más történés, például mozgás, érzéklete is egyetlen egységes élmény, melyben a részek (szakaszok) idői viszonyai csak külön utólagos reflexióban „élhetők meg”. Igen meggyőzően fejti ki Gibson, hogy az ilyen egymásutániség észleléséhez nincs szükség a korábbi történésszakaszok valamilyen „emlékezetére” (GIBSON, 1966). A történés (melódia vagy mozgás)

egyetlen ingeregésként hat — ugyanúgy mint a téri egység (például egy emberi arc). Az így kiváltott érzékelést tehát nem lehet úgy felfogni, mint „a valóság idői rendjének” észlelését.

Furcsán hat ezután, amikor egyes modern szerzők (WEISMAN és von KONIGSLOW, 1984) munkájában ezt olvassuk: „Újabban az érdeklődés felújult az ingerek sorrendjének reprezentációja iránt az állatoknál — egy kutatási problémáról lévén szó, melyet először WOODBURY (1943) vizsgált.” (199. old.) Ezután felsorolnak több kísérleti munkát a legújabb időkből, melyekben mint írják — „Demonstrálták az ingerek idői sorrendjének reprezentációját az állatnál”. Leírják egyik reprezentatív kísérletüket, melyben az ún. „két-esemény feladat” („two-event task”) elé állítják az állatokat. Két ingert alkalmaznak, A-t és B-t. Az állatoknak meg kell tanulniuk, hogy bizonyos reakciót csak az AB időrendben való prezentálásra — meghatározott késleltetés után — adjanak, és sosem az AA, BB vagy BA prezentálásra. Az állatok ezt meg is tanulják. A szerzők megállapítják: a kísérletek „aligha hagynak kétségben afelől, hogy a galambok reprezentálni és emlékezetükbe idézni tudják a pozitív sorrendet AB, és meg tudják különböztetni a negatív sorrendektől AA, BB és BA”. (201. old.) Kísérleti eredményeik szerintünk is kétségtelenül érdekesek, s többek között a rövid lejáratú emlékezet szerepét is jól bizonyítják, de semmi közük ahhoz, amit mi az emlékképek „idői rendezettségének” neveztünk, s amit például Shimp kísérletei demonstrálnak. Náluk a reakció egy ingeregymásutánra következik be, melynek sajátos idői mintázata van. Shimp és a mi kísérletünkben arra a külön ingerre kellett az állatnak specifikusan reagálnia, melyet a múltban — korábban vagy később — érzékelt. Az, amit Weisman és munkatársai, valamint azok a szerzők, akikre utalnak, vizsgáltak, nem a „múltság”, a „pastness” diszkriminációja, melyre Tolman utalt. Egyszerűen komplex ingerek sajátos alakú különbségeinek észlelését vizsgálták.

Egyébként úgy tűnik, ezt Weisman és munkatársai is látják — mert hivatkoznak WARREN és ACKROFF (1976) munkájára, akik a hanginger-szekvenciák perceptuális feldolgozásának (perceptual processing) kétféle modelljét állították fel. Az egyik a holisztikus, egészes mintázat felismerés („holistic pattern recognition”), a másik a szekvencia komponenseinek és azok idő sorrendjének „direkt” azonosítása. Weisman és munkatársai úgy vélik — s ebben nem értünk velük egyet —, hogy kísérletükben az utóbbi modell érvényesül. Az utóbbi modell csak olyan jellegű kísérletekben érvényesülhet, mint Shimpé és a mienk, ahol a múltbeli esemény emlékképének csak aszerint kell a viselkedést meghatározni, hogy az esemény előbb vagy később történt-e, mint egy másik esemény. Ez az, amit Warren és Ackroff úgy neveznek, hogy „a szekvencia komponenseinek és azok időrendjének direkt azonosítása”.

Mégis a holisztikus mintázat-felismerés gondolatát talán alkalmazni lehetne a mi kísérleteink eredményére is. Valaki azt mondhatná: az állat viselkedését nem a korábbi vagy a későbbi esemény emlékképe, mint olyan irányítja, hanem az állat egyszerűen megtanulja, hogy bizonyos ingerszekvenciákra, mint egészekre specifikusan reagáljon; tehát az egyik változatban (a „korábbiiban”) a „bal korábbi — jobb későbbi” szekvenciára a baloldali fülkébe, a „bal későbbi — jobb korábbi” szekvenciára a jobboldali fülkébe menjen. S ugyanígy mutatis mutandis megtanulná a „későbbi” változatban, hogy a két különböző inger-szekvenciához különböző és meghatározott lokomóciós reakciót kapcsoljon. Kísérletünk tehát csak abban térne el a fent leírt két-esemény feladat-

tól, hogy nálunk nem egy, hanem két kapcsolat alakulna ki — mindkét változatban. Ez az ellenvetés elsősorban a mi kísérleteinket érinti, mert Shimp kísérleteiben nem egyszerűen inger-szekvenciák szerepeltek; az ingerek megjelenése közé különböző reakciók (gombbráköppintások) iktatódtak.

Mégis eredményeink tartalmazznak egy mozzanatot, mely a fenti holisztikus értelmezéssel nemigen egyeztethető össze. Miért volna ez esetben jellegzetes különbség mindkét kísérletben a „korábbi” és a „későbbi” változat között? Mind a „korábbi”, mind a „későbbi” változatban ugyanazok az ingeregészek szerepelnek, csak a megfordított irányú reakciót kellett hozzájuk kapcsolni. A különbséget semmi sem indokolja. Ezzel szemben, ha „a” szekvencia komponenseinek s azok időrendjének direkt azonosítása” a rövid lejáratú emlékezetben érvényesül, akkor a különbség plauzibilis magyarázatot nyer: a *recensebb* emlék hatékonyabb. Ezt a tényt Shimp kísérleteiben — még hangsúlyosabban, mint a mieinkben — regisztrálták (beszámolójuk címében is kiemelték).

Bár az összesített eredmény a II. kísérlet „korábbi” csoportjánál rosszabb, mint a későbbinél, nem tarthatjuk egészen véletlennek, hogy a „korábbi” csoport állatainak fele szignifikánsan hamarabb érte el a kritériumot, mint a „későbbi” csoport állatai. Csak egy nagyon tapogatódzó, tentatív magyarázatot adhatunk, s azt is csak fenntartással. Kísérletünk megtervezésénél nem ügyeltünk egy mozzanatra, melynek jelentősége lehet. Célunk az volt, hogy a reakciók irányítását a korábban vagy később felgyulladó lámpa emlékképének kontrollja alá vonjuk; de ugyanakkor egy másik mozzanat is számításba jöhet. A korábban felgyulladó lámpa *hosszabb tartamú* ingert szolgáltat, mint a később felgyulladó. A feladatot tehát így is fel lehet fogni: az állatnak az egyik változatban a hosszabb tartamú, a másikban a rövidebb tartamú inger emlékképéhez kell igazodnia. Emlékezhetünk mármost Pavlov egyszerű feltételezésére, mely szerint a korábbról datálódó emlék intenzitásban különbözik a későbből datálódótól, és pedig kevésbé intenzív. Ezzel magyarázható Shimp kísérleteiben a *recensebb* ingerhez való igazodás előnye: az intenzívebb emlékképhez — mint általában az intenzívebb idegrendszeri folyamathoz — könnyebben kapcsolódik a megerősített reakció. De talán az is feltételezhető, hogy a hosszabb tartamú inger emlékképe is intenzívebb, mint a rövidebb tartamúé. Ez esetben a korábban kigyulladó lámpafény emlékének is van némi előnye. S ez az előny különösen akkor érvényesülhet, ha az emlékképek nem ütköznek helyileg intenzív aktuális érzéklettel (például égő lámpák érzékletével) — tehát a II. kísérletben. A II. kísérlet „korábbi” változatában az állatok valóban gyorsabban tanulnak, hamarabb érik el a kritériumot.

Vízszint érthetetlen marad, miért bizonyul ez a gyors tanulási eredmény elég bizonytalannak és mulékonynak. Úgy látszik, az emlékképek intenzitásbeli különbözősége a tanulás során valamilyen okból elmosódik. Megint csak egy tentatív magyarázathoz folyamodunk. Elméleti elgondolásaink szerint az emlékképeket az állatnál a változatlanul maradt érzékleti mező rész hívja elő — kényszerűen; nem tételezzük fel, hogy az állat valahogy „akarna” emlékezni. Mégis, amikor az emlékezés meghatározó szerepe a következetes megerősítés nyomán kiderül, maga az emlékezési folyamat is felerősödik. E felerősödés során az intenzitásbeli különbség (a hosszabb és rövidebb inger emlékképei között) talán redukálódik. A különbség eltörlődik a „korábbi felgyulladás” és a „későbbi felgyulladás” emlékképeire. Ez a megkülönböztetés ha egyszer ki-

alakult, stabilabb, mint a másik. De az eltolódás viszonylag lassú folyamat, és kezdetben teljesítménybeli visszaesést jelenthet. Hangsúlyozzuk, mindez még spekuláció, melyet további kísérletekben kell ellenőrizni.

Mindenesetre úgy véljük, megerősíthetjük azt a már Shimp kísérleti eredményeiből kivilágló megállapítást, hogy az idői dimenzió megjelenésének lehetősége a rövid lejáratú állati emlékezetben adva van — akkor is, ha ezt a képességet természetes életszínterében az állat aligha használja ki. S így hajlandók vagyunk fenntartani azt a már Shimp kísérleti eredményeinek elemzésénél vázolt feltételezésünket, hogy ebben talán felismerhetjük azt a láncszemet a lelki élet törzsfejlődésében, mely az emberi emlékezet idői rendezettségéhez vezet.

Irodalom

- DENNIS, W., 1939, Spontaneous alternation in rats as indicator of the persistence of stimulus effects, *Journal of Comparative Psychology*, 28, 305–312.
- GIBSON, J. J., 1966, *The senses considered as perceptual systems*, Academic Press, New York.
- HEATHERS, G. L., 1940, The avoidance of repetition of a maze reaction in the rat as a function of the time interval between trials, *Journal of Psychology*, 10, 359–380.
- KARDOS Lajos, ZÖLD Gyula, 1985, Rövid lejáratú állati emlékezet és a „késleltetett” reakció, *Pszichológia*, 2, 163–179.
- NORMAN, D., (ed.), 1970, *Models of human memory*, Academic Press, New York.
- OLTON, D. S., 1977, Spatial memory, *Scientific American*, 82–98.
- OLTON, D. S., HANDELMANN, G. E., WALKER, J. A., 1981, Spatial memory and food searching strategies. In: KAMIL, A. C., SARGENT, T. D., (eds.), *Foraging behavior, Ecological, ethological and psychological approaches*, Garland, New York.
- PAVLOV, I. P., 1953, *Válogatott művei*, (magyarul), Akadémiai Kiadó, Budapest.
- QUILLIAN, M. R., 1968, Semantic memory. In: MINSKY, M., (ed.), *Semantic information processing*, M.I.T. Press, Massachusetts, Cambridge, (Tulving nyomán).
- ROITBLAT, H. L., THAM, W., GOLUB, L., 1982, Performance of *Betta Splendens* in a radial arm maze, *Animal Learning and Behavior*, 10, 108–114.
- SHIMP, Ch. P., 1976, Short term memory in the pigeon, Relative recency, *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 25, 55–61.
- TOLMAN, E. C., 1932, *Purposive behavior in animals and men*, The Century Co. New York, London.
- TULVING, E., 1972, Episodic and semantic memory. In: TULVING, E., DONALDSON, W., (eds.), *Organization of memory*, Academic Press, New York.
- WARREN, R. M., ACKROFF, J., 1976, Two types of auditory sequence perception, *Perception and Psychophysics*, 20, 387–394.
- WEISMANN, R. G., von KONIGSLOW, R., 1984, Order competencies in animals: models for the delayed sequence discrimination task. In: ROITBLAT, H. L., BEVER, T. G., TERRACE, H. L., (eds.), *Animal cognition*, Earlbaum, Hillsdale, New Jersey, London.

- WOODBURY, C. B., 1943, The learning of stimulus patterns by dogs, *Journal of Comparative Psychology*, 35, 29–40.
- ZEAMAN, D., HOUSE, B. J., 1951, The growth and decay of reactive inhibition as measured by alternation behavior, *Journal of Experimental Psychology*, 41, 177–186.

LAJOS KARDOS and GYULA ZÖLD

THE DIMENSION OF TEMPORAL ORDER IN THE SHORT TERM MEMORY AT ANIMALS

A common observation in the maze learning is the tendency of alternation, i.e. during the earlier learning trials the number of repeated choices is smaller than the number of the choices of the other branch(es) of the maze. This effect can be related to a short term memory (STM) performance. In an episode-related STM representation the representation of the spatial location can combine with the memory trace of reward-present—reward-absent states of the given location. If this is the case, the memory system of animals is able to discriminate between degrees of pastness. Some results (Shimp, 1976) on pigeons' discrimination learning support this possibility.

The aim of the present experiments was to test the STM hypothesis in a maze situation with rats. In Experiment 1. in a maze there were two goal-boxes and a start-box. The goal boxes were enlightened in different time, i.e. the light was switched on in one of the boxes earlier than in the other one. The temporal order of light onset was randomized throughout the trials. In Condition 1. the choice of the formerly enlightened goal-box was reinforced, while in Condition 2 the choice of the other one was reinforced. From the 10 animals of Condition 1 there were 3 which reached the criterion of ten consecutive correct choices within 250 trials, while there were 5 such animals (from 10) in Condition 2. Regression coefficients of the performance curves evidenced significantly higher level of learning in Condition 2. In Experiment 2 the lights in the goal-boxes were switched off before the animals were allowed to start (for 3 sec). The general performance of this experiment was better than that of Experiment 1. However, in Experiment 2 it was Condition 1 (the rewarded choice is the formerly enlightened box) which resulted in higher performance.

These results give partial support for the possibility of discrimination between different degrees of pastness at animals. The presence of short term episodic memory at animals may be considered as a phylogenetic preliminary level of the temporal organization, characteristic to the human memory.