

Paměť a učení

Lukáš Hejtmánek
lukas.hejtmánek@fhs.cuni.cz

Co je učení?

Změna chování/reaktivity organismu jako odpověď na okolí

Přizpůsobivost organismu vůči okolí

Jakákoli změna organismu nevysvětlitelná biologicky (geneticky, přijímanou potravou atd.)

Veselovský rozlišuje učení

Obligatorní

Rozlišování a zapamatování potravy, obranných návyků

Rozpoznávání partnera, osvojování námluvných procesů

Fakultativní

Často učení hrou

Vázáno na vrozené chování, ale bez přímého významu

Jízda na lyžích, sport





<https://youtu.be/um2Q9aUecy0?t=648>

<https://youtu.be/um2Q9aUecy0?t=1501>

Vrozené či naučené?

Vrozené chování

Úprk před predátorem

Stavění hnízda

Pletení pavučiny

Sání z prsu

Chápavý reflex

Moroův reflex



<https://www.youtube.com/watch?v=PTz-iVI2mf4>



<https://www.youtube.com/watch?v=1VPaBcT1KdY>

Dělení dle Veselovského

Druhová paměť

Genetická paměť

Neměnná, vrozená všem jedincům druhu

Individuální paměť

Paměť jak jí rozumíme v psychologii

Mění se na základě zkušeností

Dozrávání (maturace)

Některé chování se neobjevuje po narození, ale i přesto je vrozené

„Kaspar-Hauserovy“ pokusy

Pojmenováno po chlapci, který byl „údajně“ chován v izolaci

Veverky i přes krmení kašovitou stravou umí pracovat s oříšky

Douglas Spalding (19té století)

Sojky držené v mládí v těsných klíčkách přesto létají

Leonard Carmichael

Pulci udržováni v lehké anestézii po odstranění anestetika plavou

Problémy vrozeného chování

Neflexibilní

Prostředí se mění rychleji než genetická informace

Nový predátor

Nový zdroj potravy

Neekonomické

Stejné schování při všech možných podmínkách

Konzervativní

Výhody učení

Organismus se může rodit „připravený“, ale ne fixní

Kompetitivní výhoda proti „zakrnělým“ organismům

Snazší vypořádávání s migrací, změnami prostředí

Vypořádání se se změnou během života

Slepota, hluchota, ztráta končetiny

https://www.reddit.com/r/nextfuckinglevel/comments/qgzd49/blind_kid_experience_his_first_curb_by_himself/

Adaptace na město

Japonské vrány terorizují Tokyo

https://www.youtube.com/watch?v=lWw_87A1t-o

<https://www.youtube.com/watch?v=NenEdSuL7QU>

<https://www.youtube.com/watch?v=BGPgknpq3e0>



Problémy s mývaly

<https://www.youtube.com/watch?v=Fj2wBq6e4HE>



https://www.youtube.com/watch?v=Ofp26_oc4CA

Druhy učení

Neasociativní

Habituace

Senzitizace

Asociativní

Imprinting

Klasické podmiňování

Operantní podmiňování

Kognitivní učení

Učení vhlédem

Sociální učení

Imitace

Emulace

Stimulus/local enhancement

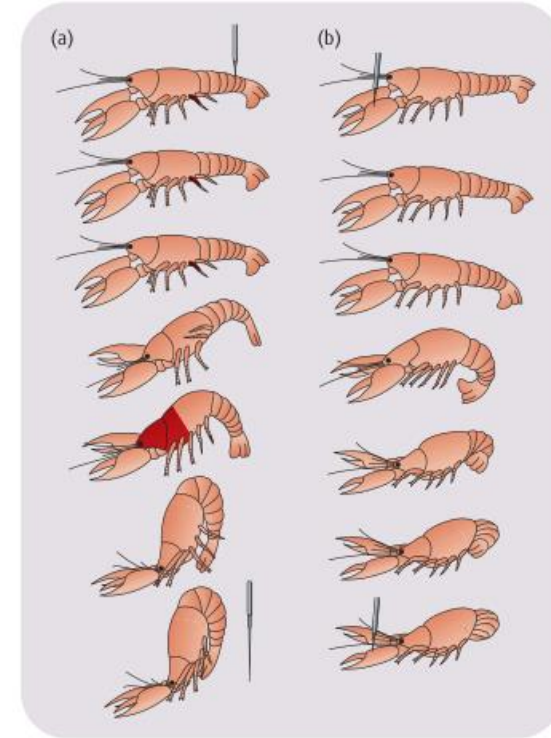
Habituace

Zvyk na podnět a postupný útlum reaktivity

Pes si zvykne na míru cukru a chce víc

Ignorace „nedůležitého“

Často spíše vyhasínání ne/podmíněného reflexu než habituace



Šťouch do raka/langusty aktivuje postsynaptický motorický neuron (10ms rychlá úniková reakce)

Opakované šťouchání snižuje reaktivitu – po 10ti opakováních rak přestává pár hodin reagovat na stimuly

Habituace

Mláďata reagují na zachvění hnízda přípravou k jídlu
Časté chvění tuto reakci potlačí
Stále však reagují na zvuk matky

Opakující se zvuky predátorů vedou k útlumu reakce
Soused vs nepřítel („Dear enemy“ effect)

Ptáci po nějaké době ignorují zvuky dravců okolo letišť
Nutné občasné vysílat reálné dravce



<https://www.youtube.com/watch?v=4AqZqCyXiyc>

Senzitizace

Připravenost na podnět

Nocioceptivní senzitizace vede k dlouhodobému učení

Když je tento podnět spojen s bolestí, budu příště reagovat silněji a rychleji

Když zvíře uslyší predátora, bude na něj „připraveno“

Může souviset s percepcí, pozorností, připraveností

Coolidgeův efekt

Po kopulaci je jedinec připraven na další kopulaci rychleji (preferuje však jiného partnera)

Dlouhodobá senzitizace zvyšuje stres

„Nasty neighbour effect“

Opak „Dear neighbour“ efektu – zvýšená agresivita vůči sousedícím druhům

Příklady habituace a senzitivace u lidí

Doplňte sem 😊

Neurální podstata

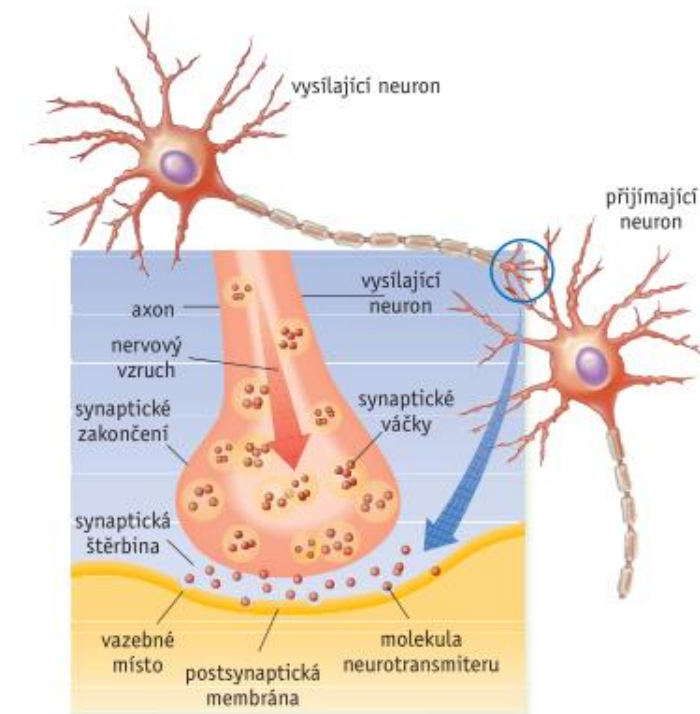
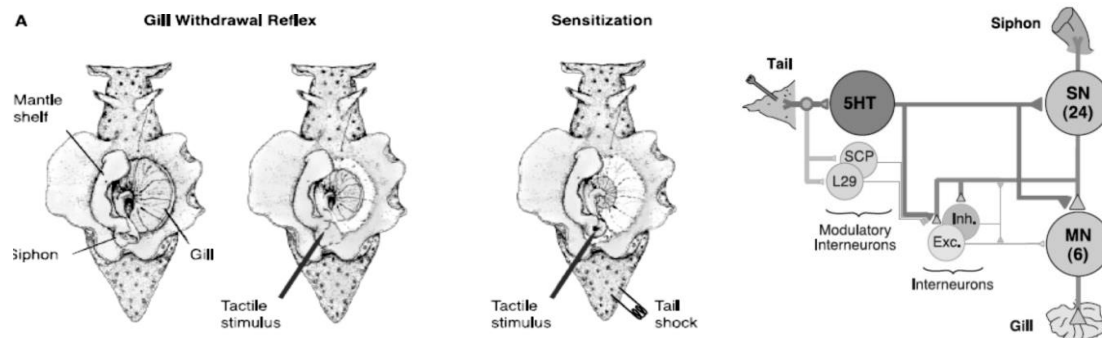
Eric Kandel

Opakované vzruchy vedou k útlumu postsynaptického potenciálu

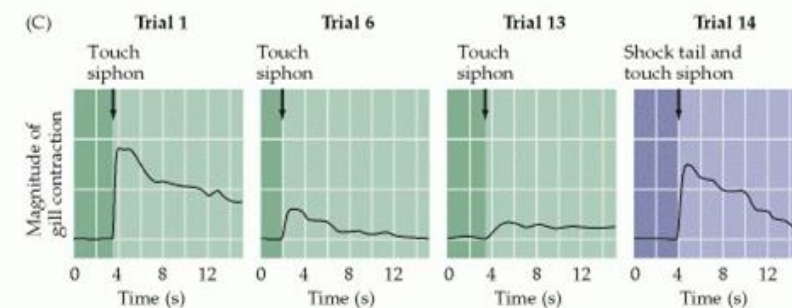
Opakované vzruchy spojené s podnětem vedou k posílení postsynaptického potenciálu

Donald Hebb

Neurons that fire together, wire together



OBRÁZEK 2.9



Neuroscience. 2nd edition.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10941/>

Asociativní učení

Imprinting

Způsob jak jednoduše reagovat na změny v prostředí

Není nutný komplexí učící proces, jen senzorické vtištění v kritické době

Konrad Lorenz

Kachní mláďata si vtisknou podobu matky v prvních 8-20ti hodinách po narození



<https://www.youtube.com/watch?v=2xd7o3z957c>

Imprinting (vtištění)

Důležité u ptáků, neboť nepotřebují sát mléko a často brzy mizí z hnízda

Problém v chovných zařízeních

Savci neimprintují tak silně (či vůbec) jako ptáci, ale často habituuji/krotnou (taming)

Mateřské vtištění

Vtištění partnera



<https://www.youtube.com/watch?v=LGBqQyZid04>



<https://www.youtube.com/watch?v=EbDEijkw4HY>

Imprinting vs senzitivní periody

Nemělo by se zaměřovat

např. učení jazyka je pravděpodobně nutné v senzitivní periodě, ale neprobíhá imprintingem

Některé věci je nutné osvojit si v dětství (např. sociální chování) a je obtížné tento deficit dohánět

I u pervazivních vývojových poruch u dětí to tak funguje (časná intervence je nejefektivnější)

<https://www.youtube.com/watch?v=QzkMo45pcUo>

Kritické období pro vizuální vnímání

Harry Harlow a attachment

Sociální deprivace v dětství

Makakové fyzicky v pořádku, ale sociálně zaostalí

Agresivní, těkaví

Nejeví zájem o kopulaci

Agresivní vůči dětem

Některé se podařilo „zlepšit“ umožněním
observace tlupy



<https://www.youtube.com/watch?v=OrNBEhzjg8I>

Jak naučit?

Psa sedět?

Jaká odměna a jak dlouho?

Jak často odměnu dávat?

Co když odměna přestane být zajímavá?

Co habituace?

Dceru vynášet odpadky?

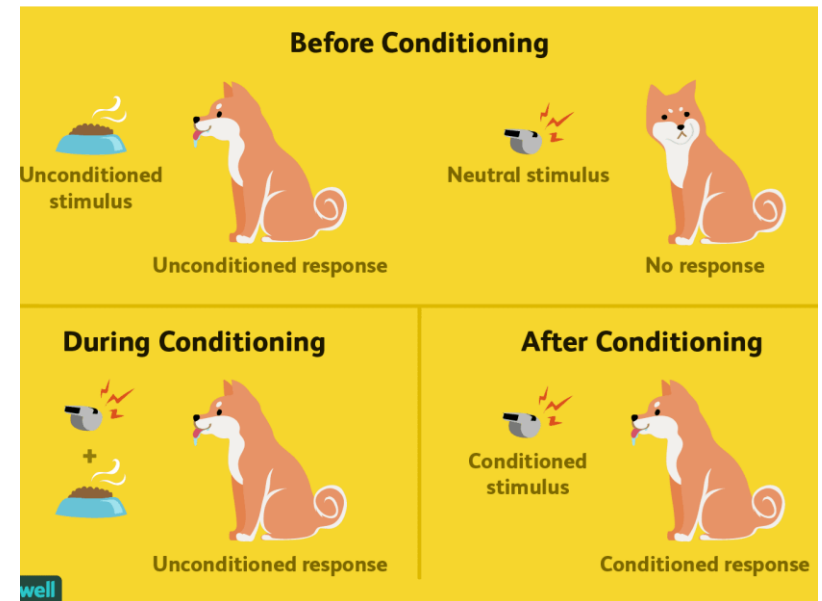
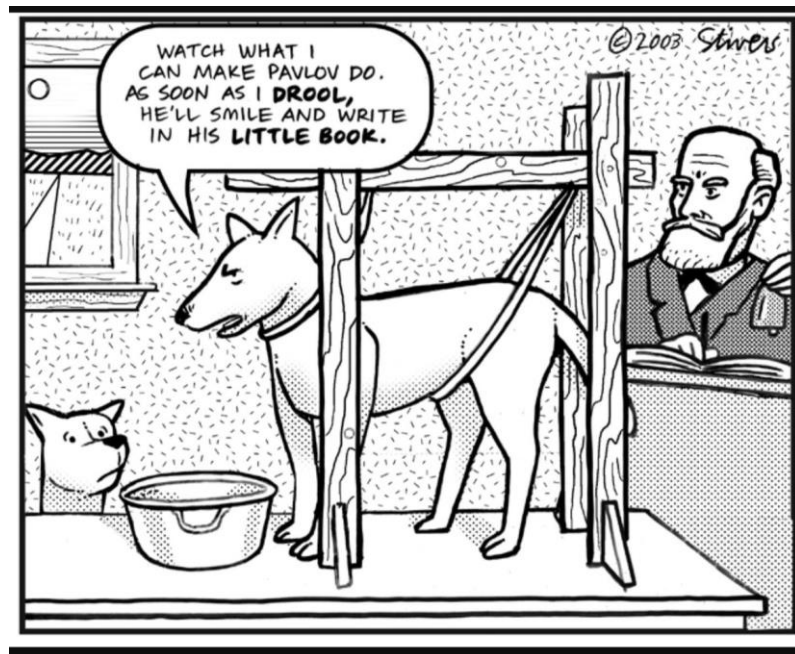
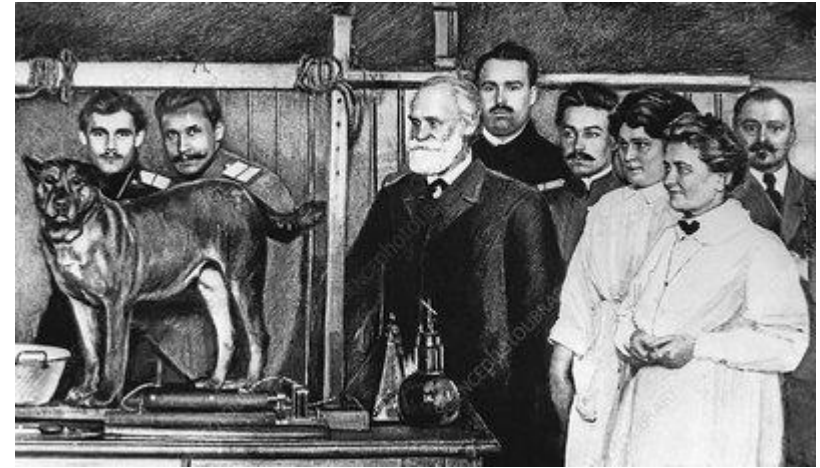
Syna učit se dějepis?

Klasické podmiňování

Ivan Pavlov (1897)

Studoval zažívání (Nobelova cena)

Všimnul si, že psi sliní ještě před tím, než jim dal maso



Klasické podmínování

Nepodmíněný podnět + Podmíněný reflex
Asociativní spojení nového podnětu s
nepodmíněným podnětem

Chtěné chování již musí být přítomné

Zobecnění (Generalizace)

Podobné reagování na blízké frekvence,
podobné barvy

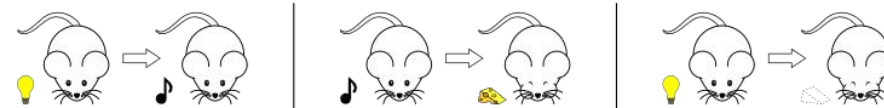
FORWARD CONDITIONING



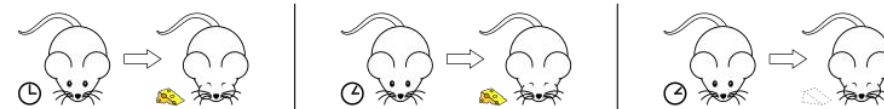
SIMULTANEOUS CONDITIONING



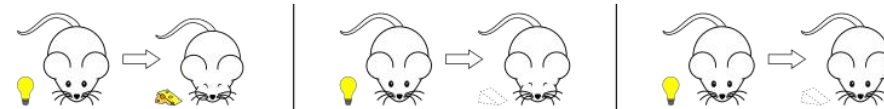
SECOND ORDER CONDITIONING



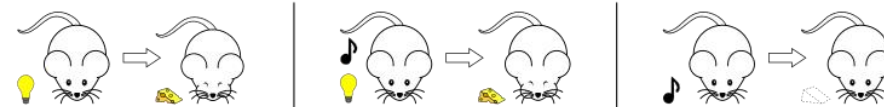
TEMPORAL CONDITIONING



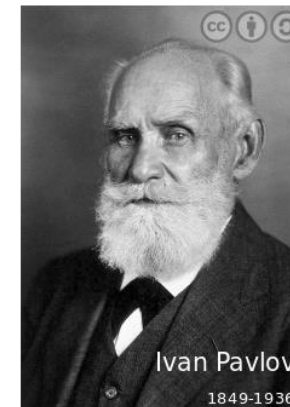
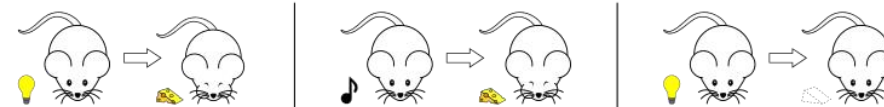
EXTINCTION



BLOCKING



INHIBITION



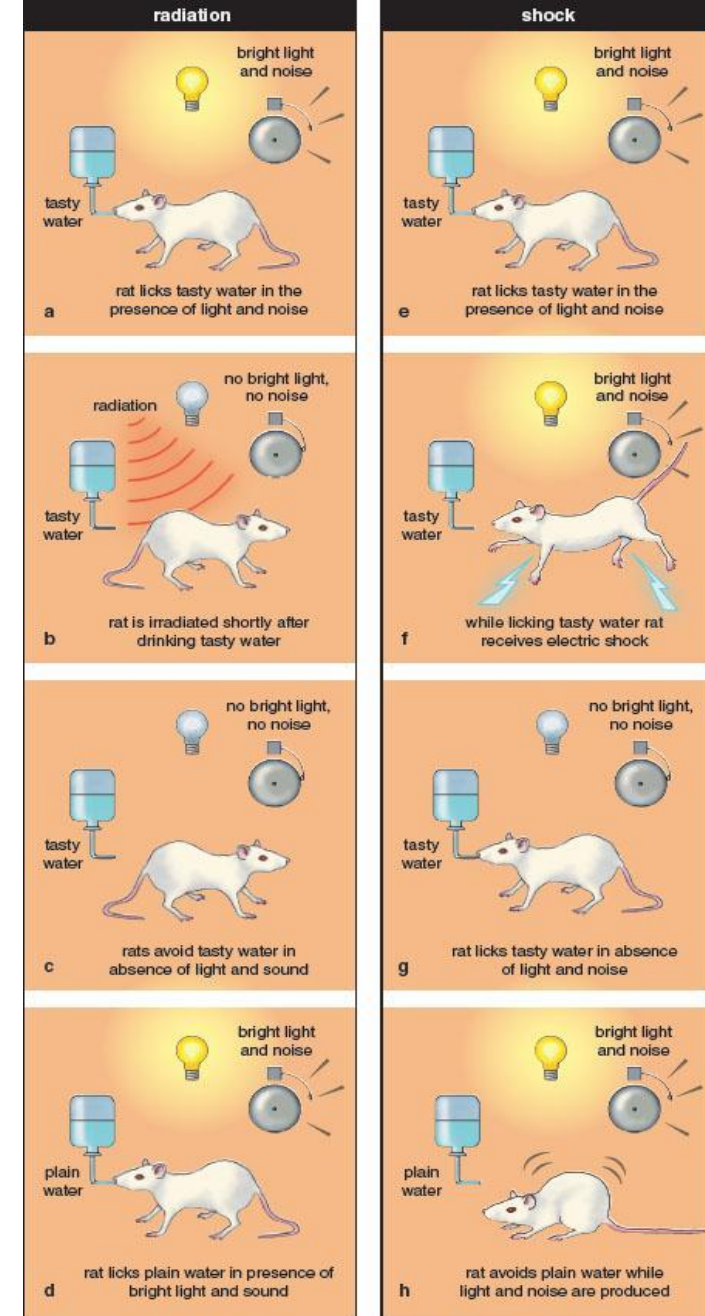
Food aversion

Snazší asociace se správnými smysly (nevolnost a chuť snáze než nevolnost a zvuk)

John Garcia

Oslazená voda + RTG paprsky (působí nevolnost)

Potkani reagují negativně na sladké, ale ne na světlo



Podmiňování strachu

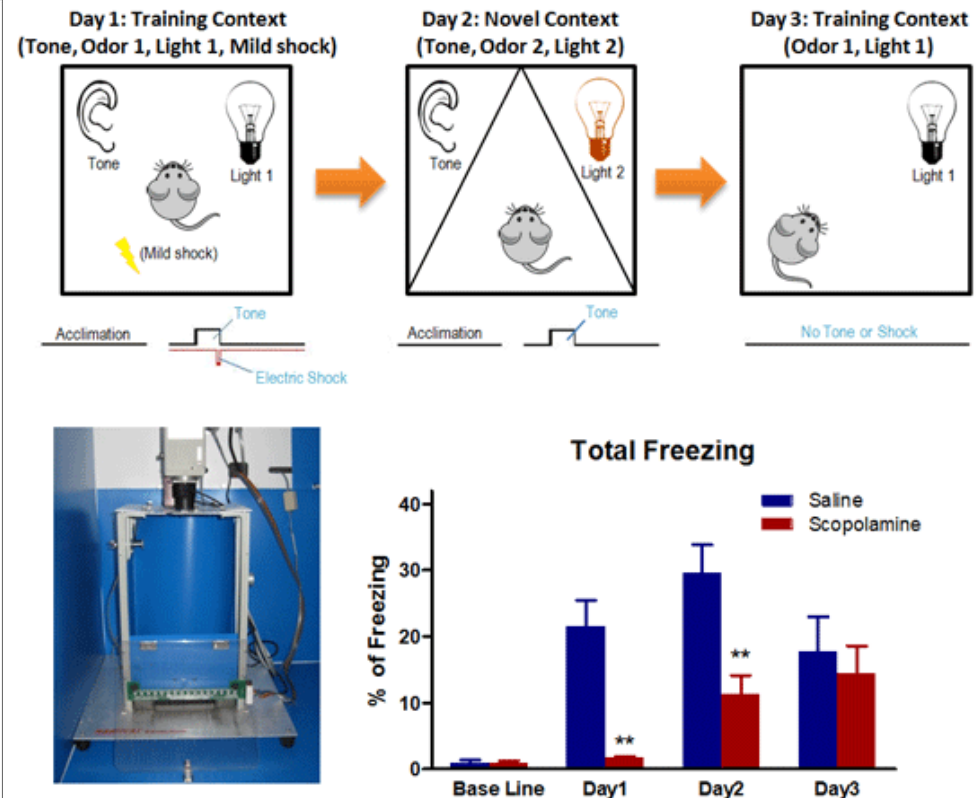
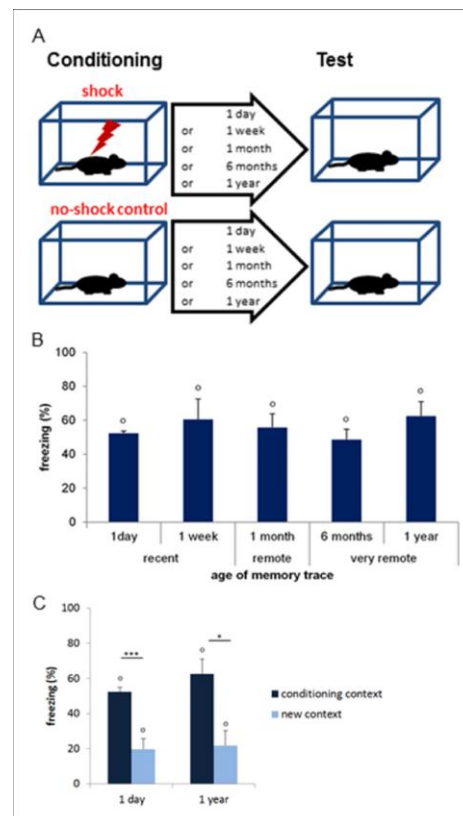
Fear conditioning

Častý způsob zkoumání paměti

Silné reakce

Zvířata se učí rychle

Není nutné zvířata trávit ani hladovět



<https://med.stanford.edu/sbfnl/services/bm/lm/bml-fear.html>

V, Lux & Atucha, Erika & Kitsukawa, Takashi & Sauvage, Magdalena. (2016). Imaging a memory trace over half a life-time in the medial temporal lobe reveals a time-limited role of CA3 neurons in retrieval.. eLife Sciences. e11862. 10.7554/eLife.11862.

Vyhasínání

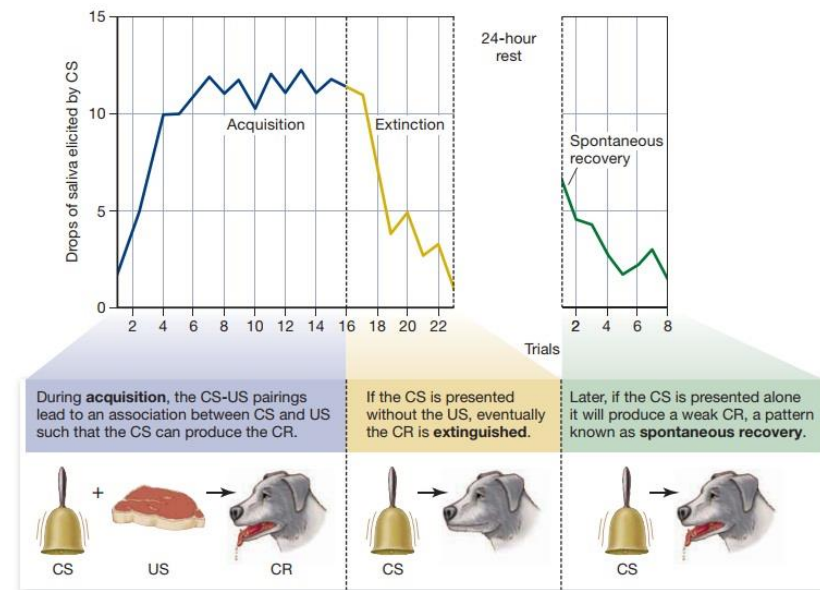
Pokud přestaneme chování potvrzovat, dojde k vyhasínání reakce

Některé chování se zdá evolučně vyhasínat pomaleji (averze k jídlu, strach)

Nutné „přeučení“

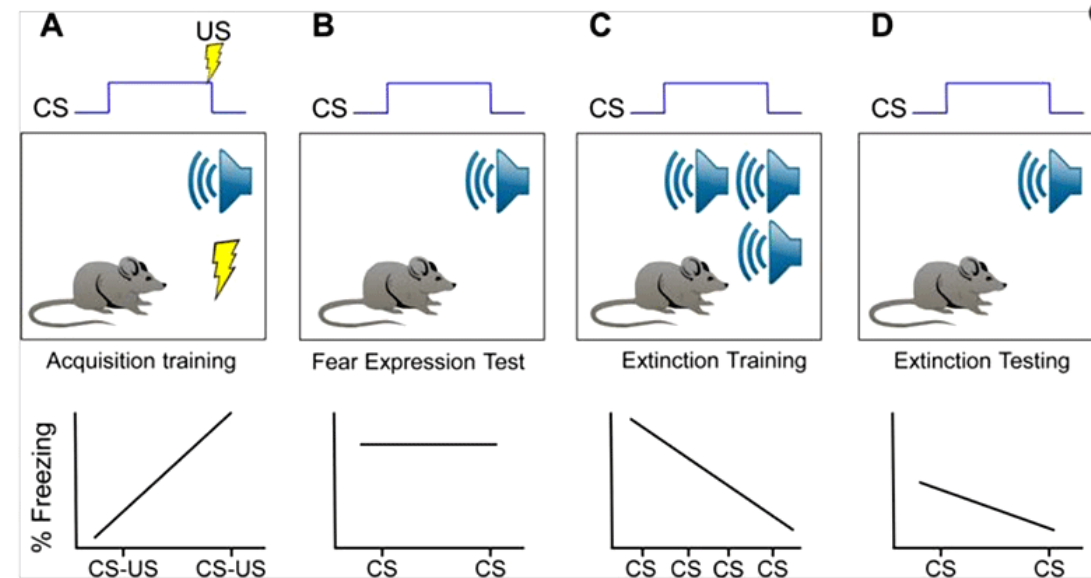
Spontánní vybavení

Často stačí jen „připomenutí“



Extinction of a classically conditioned response

https://www.brainkart.com/article/Classical-Conditioning--Extinction_29308/



<https://oxfordre.com/view/10.1093/acrefore/9780190264086.001.0001/acrefore-9780190264086-e-129>

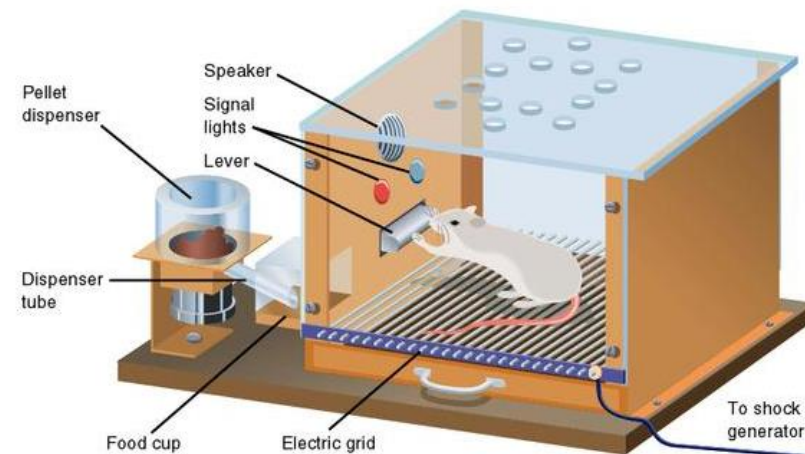
Operantní podmiňování

Někdy též označováno jako instrumentální

Učí nové chování, nejen asociace na chování již existující

B. F. Skinner, Eric Tolman, Edward Thorndike

Základ psychologického behaviorismu



<https://www.youtube.com/watch?v=MOgowRy2WC0>

Operantní podmiňování

Upevňováno pomocí odměny a trestu

Chování -> Odměna -> Upevnění chování

Chování -> Trest -> Vyhasínání chování

Nutné spontánní chování!!!

V jakých případech k učení nedochází?



<https://www.youtube.com/watch?v=NeK8GNLylkc>

Hra a zvědavost

Samovolná explorace objektů

Podněcuje operantní podmiňování

Bezcílné chování které občas vede k zajímavým výsledkům

Testování k čemu slouží, co se s ním dá dělat



<https://www.youtube.com/watch?v=SzeTEOEOrNg>

<https://www.youtube.com/watch?v=Gyb77SNs7fE>

Zoo gives animals musical instruments

<https://www.youtube.com/watch?v=IkY7Zc-3Zqw>

Animals vs. toys – Funny animal compilation

<https://neurosciencenews.com/animal-play-tools-7651/>

<https://www.youtube.com/watch?v=A5YyTHyaNpo&t=217s>

Papoušek vs hlavolam

Zákon účinku

Law of effect

Edward Thondike

„responses that produce a satisfying effect in a particular situation become more likely to occur again in that situation, and responses that produce a discomforting effect become less likely to occur again in that situation.“

Upevňování chování u zvířat v zoo

Orangutan si dá na hlavu krabici a dostane od lidí pamlsek

<https://www.youtube.com/watch?v=M5JFeTtSS3c>

Medvídek Mýval otevírá zámky

Odměny

Typy odměn

Pozitivní odměna – např. pamlsek

Negativní odměna – např. odstranění bolesti

Pozitivní trest (punishment) – elektrický šok

Negativní trest (withdrawl) – odebrání hračky

Pravidelnost odměn

Fixní interval – po X vteřinách

Náhodný interval – po Y vteřinách

Fixní pravidelnost – po každém Xtém opakování

Náhodná pravidelnost – po Y opakováních

Kontinuální – vždy ihned

X = konkrétní hodnota; Y = náhodná hodnota, mění se po každém stimulu

Magické myšlení

Podmínění „zbytečného“ chování

Náhodné odměny

Skinner odměňoval každých 15s

Zvíře si „domýšlelo“, co za chování asi vede k odměně

Škubání křídly, točení se dokola atd.

<https://www.youtube.com/watch?v=oOhi1tGvo3o>

Lorenz popisuje příběhy

Rejsek vodní přeskakující větvičku na trase k potravě

Po odstranění větvičky, stále skáče

Kachna jdoucí po schodech zamávala křídly na psa

Pokaždé, když pak na daný schod vkročila, tak mávala křídly

Trénink zvířat

Komplexní chování

Nutno rozdělit na několik kroků

Shaping – postupné přibližování

Luring - naváděné

Clickers

Proč je nutné zvířata trénovat?

Nejen pro naší zábavu



<https://www.youtube.com/watch?v=vGazyH6fQQ4>



<https://www.youtube.com/watch?v=Yk9A12HUoWg>

Trénink lidí

Příklady operantního podmiňování v naší společnosti?

Práce?

Psychiatrie?

Hra jako nácvik dovedností

Zdá se nesmyslné, bezdůvodné

Doprovázeno komunikací

Mimika, zvuky

Připravenost si hrát, odlišení „reálné“ situace

Časté střídání rolí

Hraní si na predátora a kořist

Trénink svalů v době „klidu“



<https://www.youtube.com/watch?v=t9je3P-NmU>

Učení vhlédem

Wolfgang Köhler

Psycholog, Gestaltista (kolega Maxe Wertheimera a Kurta Koffky)

The Mentality of Apes (1917)

Navzdory behavioristickému pohledu prokázal, že šimpanzi jsou schopni řešit problémy bez podmiňování

Vyžaduje vidět do budoucnosti, operovat s předměty v duchu



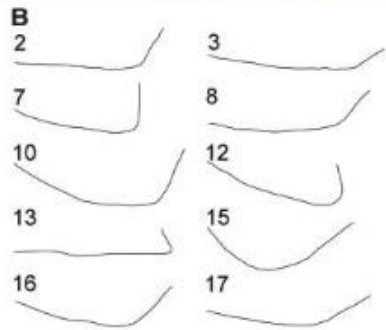
<https://www.youtube.com/watch?v=FwDhYUIbxi0>

Vrána novokaledonská

Výroba nástrojů

Pochopení fyzikálních zákonů

Weir et al 2002



<https://www.youtube.com/watch?v=UZM9GpLXepU>

<https://www.youtube.com/watch?v=ZerUbHmuY04>

Medojed kapský
Honey Badger



<https://www.youtube.com/watch?v=c36UNSoJenI>

https://www.youtube.com/watch?v=aZyjKF31_JQ

Sociální učení

Sociální učení

Nepřímé učení

Mládě pozoruje další členy stáda a učí se
Jaká potrava je jedlá a jaká ne
Kde jsou zdroje vody (až se osamostatní)
Kdy jsou zdroje vody dostupné

Douglas Hamilton 1975

Among the Elephants

Sloni jsou agresivní a nezvykle aktivní v noci
V roce 1919 proběhl agresivní odstřel slonů
Chování se udržuje mezigeneračně

Local/stimulus enhancement

Chování jiného živočicha poukazuje na možný objekt či lokaci

Láká k experimentaci

Ptáče vidí, jak se spousta jiných ptáčků pohybuje okolo kaštanu/oříšku



<https://www.youtube.com/watch?v=eY6lj-vdPu4>

Imitace

Přesné kopírování chování

Není nutný nácvik

Porozumění záměru



<https://www.youtube.com/watch?v=BjMhSfxL1sw>



<https://www.youtube.com/watch?v=IFACrIx5SZ0>

Imitace cizích druhů

Lyrochvost (Lyrebird)

Napodobuje zvuky přemětů, lidí

<https://www.youtube.com/watch?v=Yu656Hldtns>

<https://www.youtube.com/watch?v=quqepTj1Q08>

Žuhák šedý

Napodobuje zvuky pěvců a loví je

Krkavci

<https://www.youtube.com/watch?v=POiLhy3nfWQ>

Mimikry



<https://www.countrylife.co.uk/nature/beware-great-grey-shrike-pretty-songbird-temperament-vlad-impaler-175618>

FAP – fixed action patterns - přenos vyladění

Některé druhy chování se zdají býti imitací, ale nejsou

Zívání, klování u slepic, popelení

Na rozdíl od imitace se nejedná o nové chování



Emulace

Pozorování chování vede k obdobnému chování

Porozumění záměru, ale modifikace chování



<https://www.youtube.com/watch?v=TTtsHKKb-CI>

Paměť

Paměť

Udržení naučené informace

Zkušenosti, vzpomínky

Komplexní pojem, zahrnuje několik funkčně i neuroanatomicky odlišných systémů

Tradiční dělení

Senzorická

Krátkodobá

Dlouhodobá

Senzorická paměť

Krátká (max pár sekund)

Mimo kontrolu vůle, automatizovaná – nezávisí na pozornosti

Když zavřu oči, tak stále „vidím“, co jsem viděl

Neustále přepisovaná novou zkušeností

Vizuální (ikonická)

Sluchová (echoická)

Hmatová (haptická)

Krátkodobá paměť

Nutná k řešení krátkodobých problémů

Co už jsem zkusil

Kde už jsem byl

Můžeme ji promazat elektrickým šokem (či otřesem mozku, amnézie na nehody)

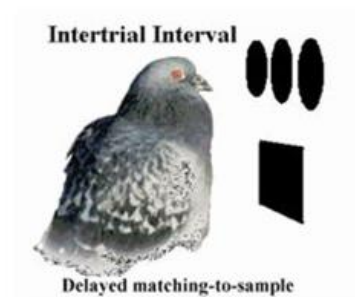
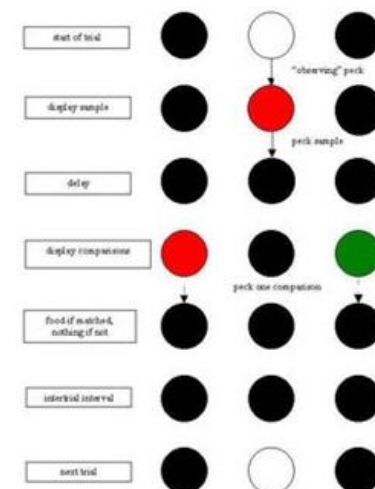
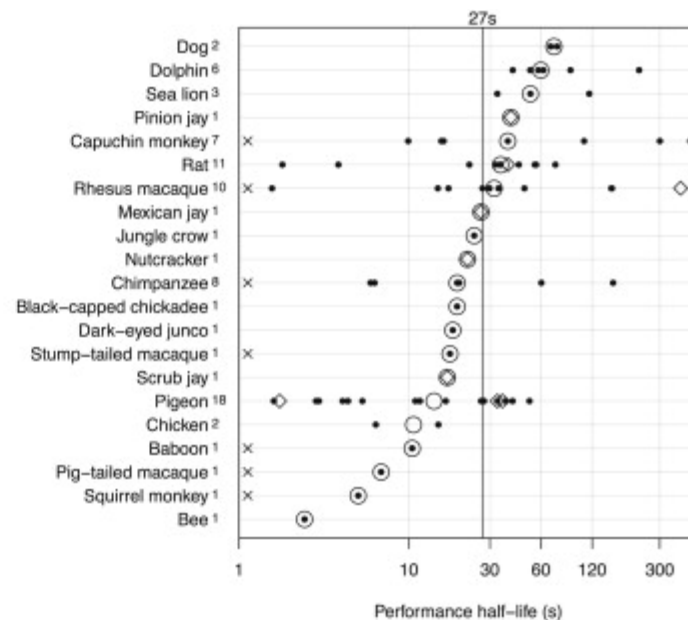
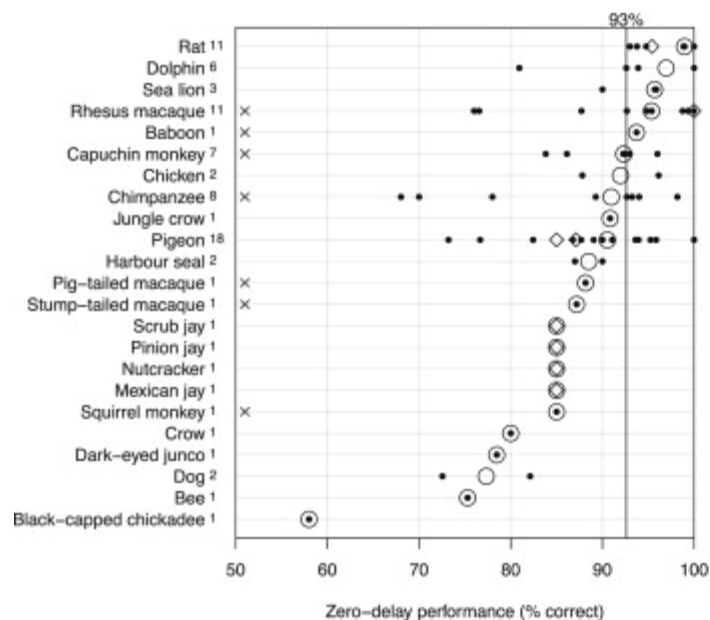
Kolibřík nechodí zpět ke stejnému květu ze kterého pil

Krysa při prozkoumávání kanálů nechodí ten samý den opakovaně na stejné místo

Delayed Matching to Sample task

Zvíře si musí pamatovat barvu/tvar objektu

Po uplynutí nějaké doby má za úkol vybrat správný objekt

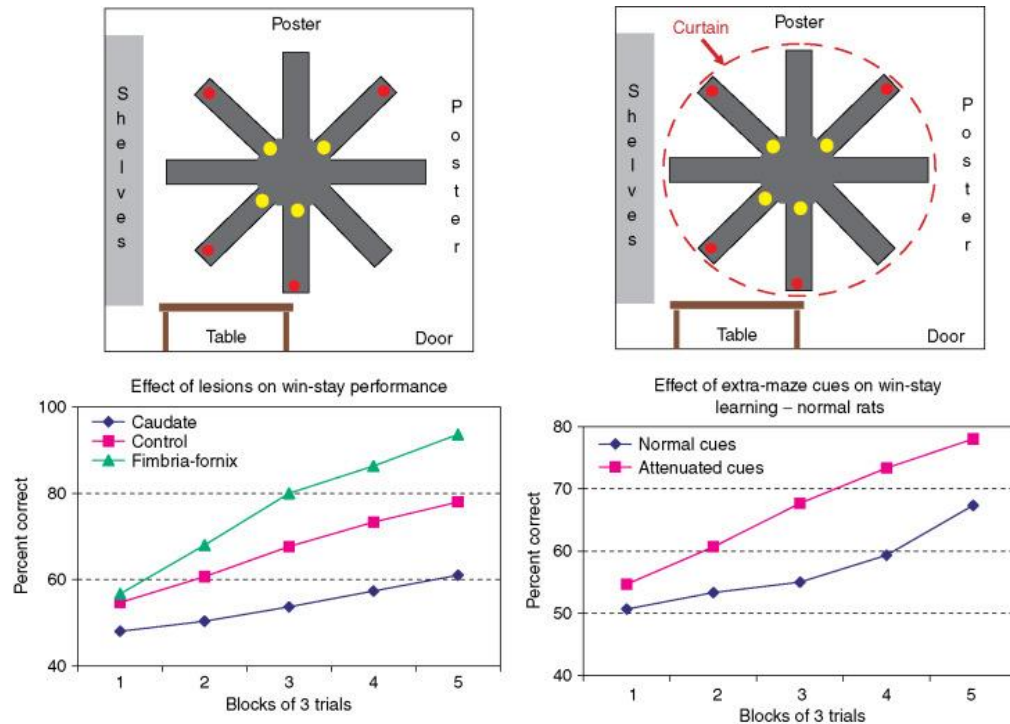


Lind, J., Enquist, M., & Ghirlanda, S. (2015). Animal memory: A review of delayed matching-to-sample data. *Behavioural Processes*, 117, 52-58.

Radial Arm Maze

Olton et al 1975

Měří úspěšnost vstupů



<https://www.youtube.com/watch?v=8LAvXj65JNl>

Dlouhodobá paměť

Trvalé změny v reaktivitě nervového systému

Uložená ve změnách neurální aktivity – paměť mění mozek

Sloni si pamatují lidské (i slonní 😊) tváře dlouhé roky

Potřebují si dobře pamatovat zdroje vody

Nepřátelské teritoriální rozepře

Deklarativní dlouhodobá paměť je závislá na funkčním hipokampu



https://youtu.be/XmtXC_n6X6Q?t=1066

<https://www.scientificamerican.com/article/elephants-never-forget/>

Hipokampus

Pacient H.M. (Henry Molaison)

William Scoville a Brenda Milner

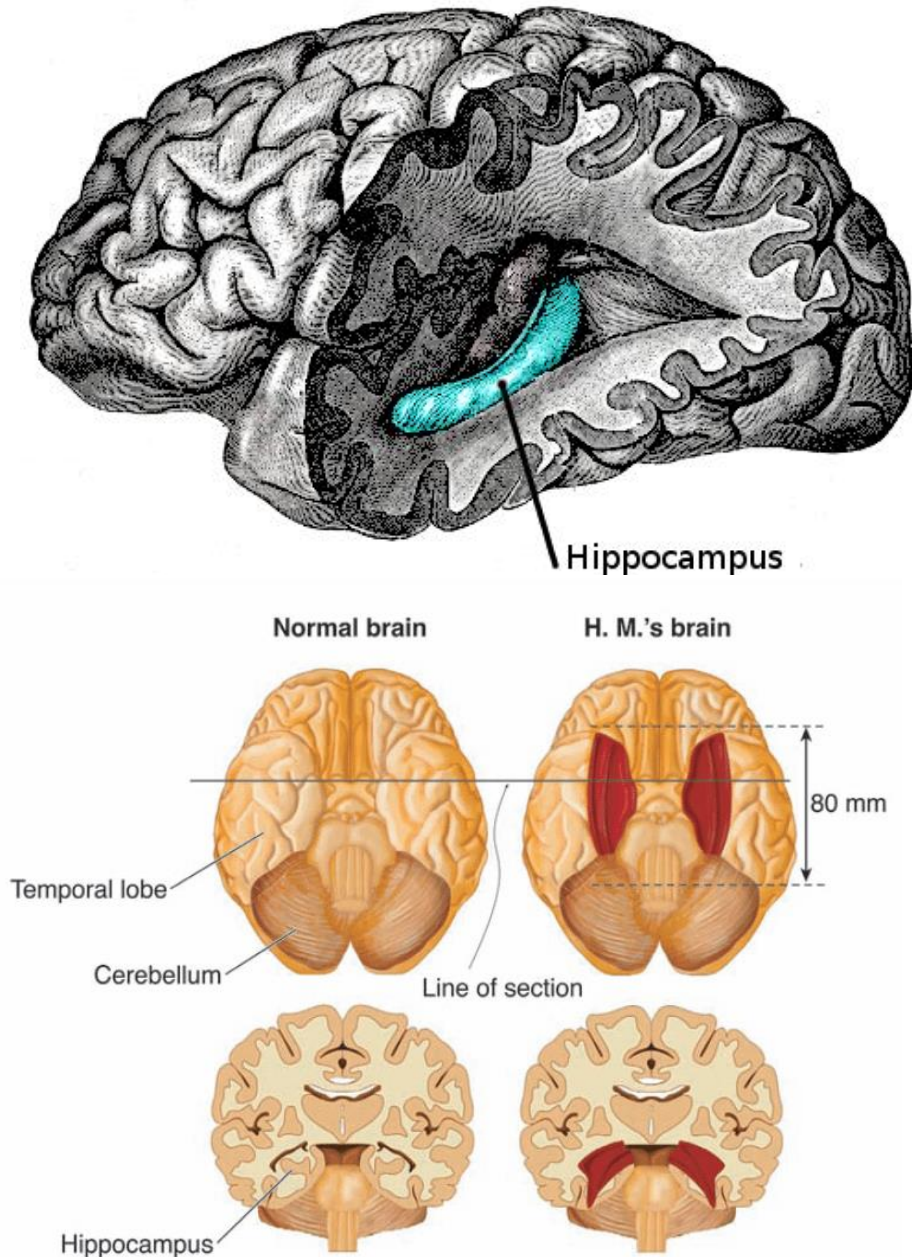
Operace – odstranění hipokampální formace

Anterográdní amnézie

Krátkodobá paměť nezasažena

Uchovává si staré vzpomínky

Léze hipokampu vedou k poškození dlouhodobé paměti na úkoly



Explorace hipokampu u zvířat

Experimenty nejprve nekonkluzivní

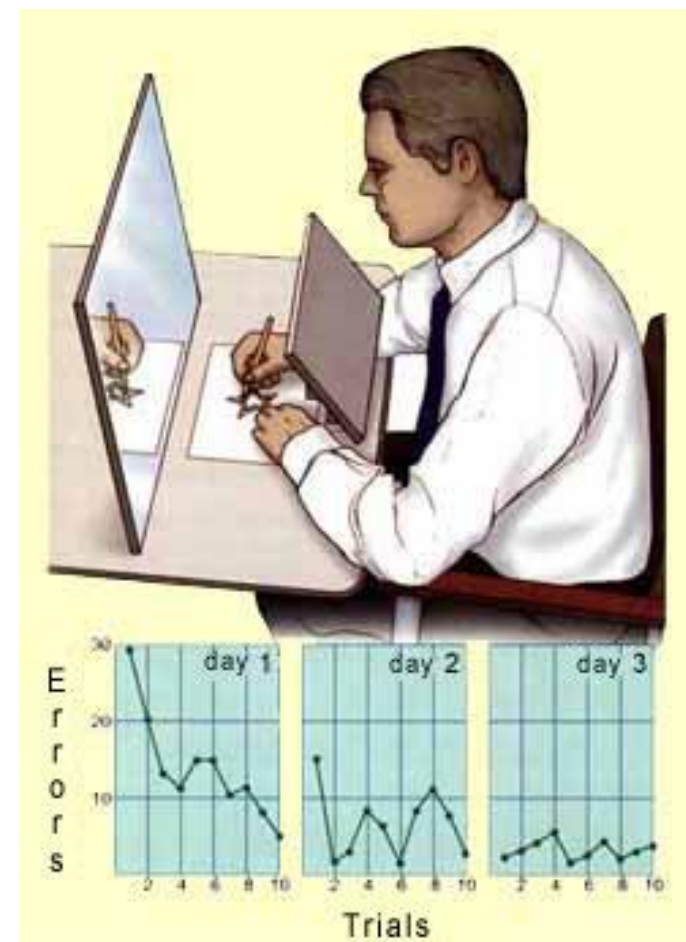
Scoville provedl podobné operace u opic, nicméně ty se dokázaly naučit úkoly, které HM nezvládal (diskriminační učení – stimulus -> reward)

Podobné výsledky pozorovány u potkanů – asociativní učení se zdá nenarušeno, potkani se stále učí jednoduché úkoly, fear conditioning etc.

Navrhovaná řešení

Hipokampus má jinou funkci u zvířat a u lidí

HM a podobní pacienti trpí ztrátou paměti z jiných důvodů



Multiple Memory Systems

I HM se dokázal naučit motorické či jednoduché úlohy nevyžadující deklarativní paměť

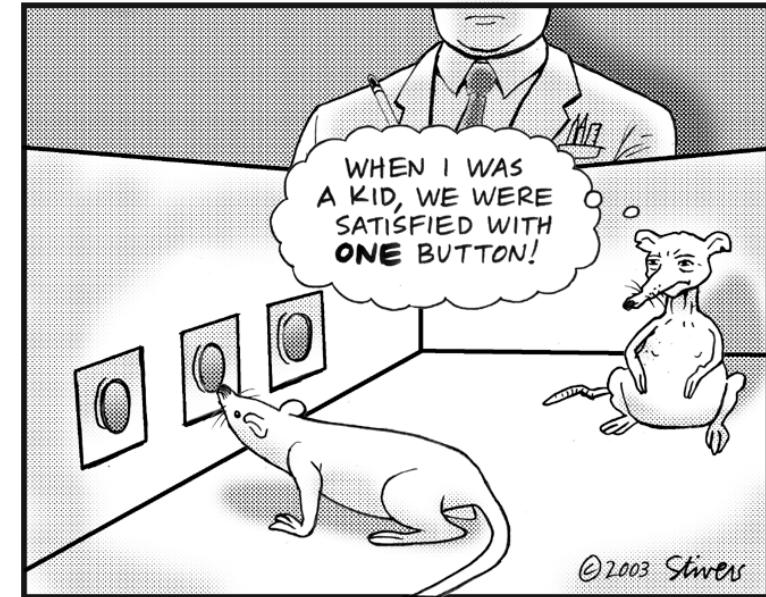
Mirror drawing

Problém „úlohy“

Zvířata se učila chování dlouho a tudíž využívala jiné učení a jiné mozkové oblasti (asociativní učení stimul odměna - > basální ganglia, amygdala)

Rozpoznávání objektů v „**one trial delayed matching**“ je při lézi hipokampu zasaženo (u opic po cca minutě, do 60s může stále fungovat krátkodobá paměť)

Nutné nové dělení paměti a nové testy paměti pro zvířata, analogické lidským!



Dělení paměti II

Implicitní

Motorická, automatizovaná

Dovednosti, vtištění

Deklarativní

Znalosti – kde, co?

Epizodická/sémantická paměť

Závislá na hipokampu

U zvířat testovaná „by proxy“ (nemohou ji snadno deklarovat)

„modely deklarativní paměti“

Deklarativní paměť

Delayed Matching to Sample task (DMS)

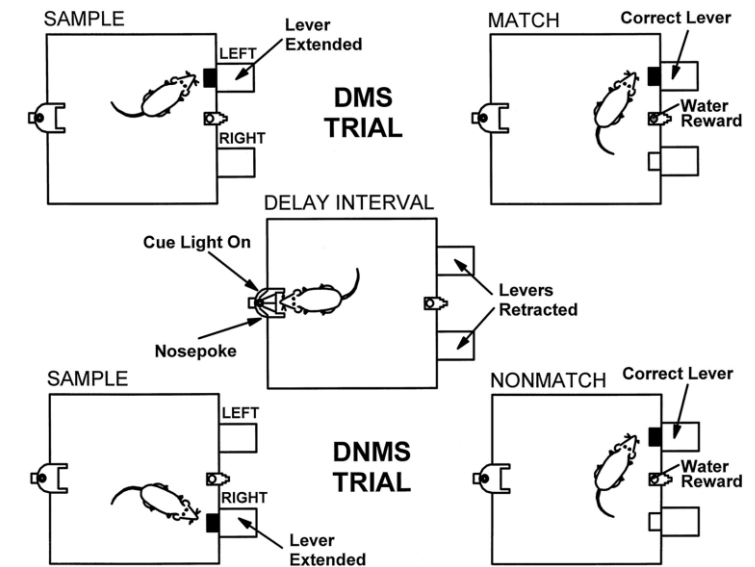
Rozpoznání stimulu po krátké době

Delayed Nonmatching to Sample task (DNMS)

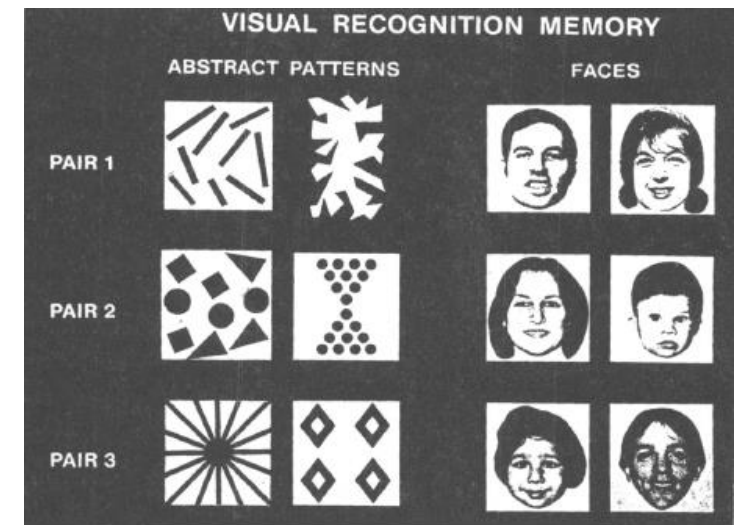
Zvíře má za úkol vybrat stimul, který nevidělo

Testuje nejen rekognici a paměť, ale i zapamatování pravidla

Visual paired-comparison task (VPC)



<https://www.jneurosci.org/content/19/4/1492>



6-MONTH-OLDS	54.5%	54.3%
7-MONTH-OLDS	57.6%	56.5%
8-MONTH-OLDS	54.4%	56.6%

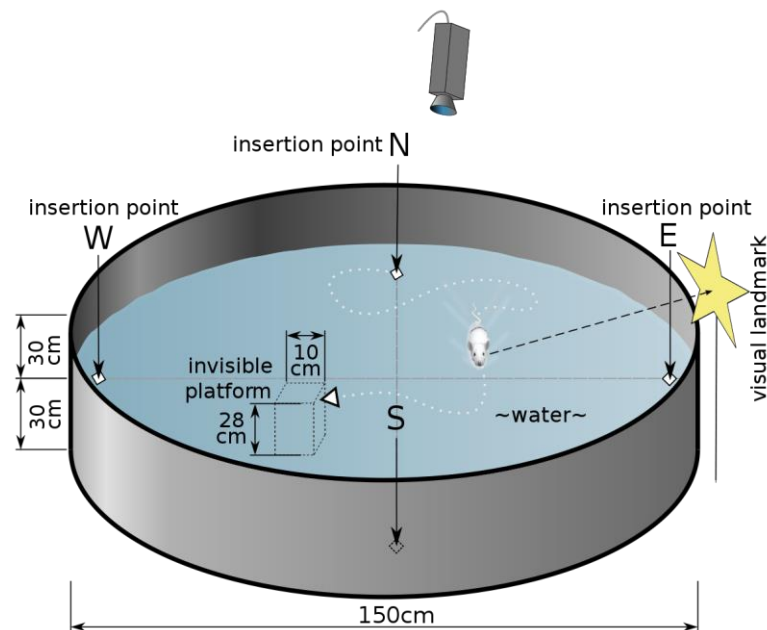
<https://sk.sagepub.com/books/infant-cognition/n2.xml>

Morrisovo vodní bludiště

Metoda studia deklarativní paměti u zvířat

Přirozený úkol

Zvířata nejsou trápena hladem či šoky



<https://www.youtube.com/watch?v=LrCzSIbvSN4>

Epizodická paměť

Endel Tulving - Co, kdy, kde?

„Cestování časem“

Přímo testovatelná pouze u lidí

Schovávání potravy

Ptáci, veverky, psi

Slon musí vědět kdy je který zdroj vody dostupný



Co, kdy, kde?

Sýkora Babka

Skládování jídla si pamatuje
několik týdnů

Sojky si pamatují úkryt téměř rok

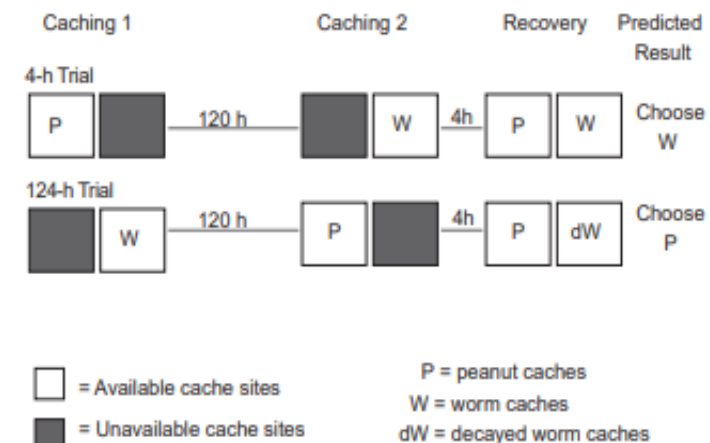
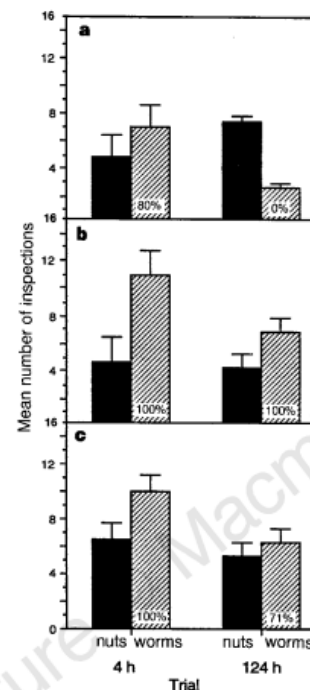
Pamatují si co, kde a kdy si uložili

Vybírají kazivého jídla první

Vyhýbají se kazivým jídlům po
delší době



<https://www.youtube.com/watch?v=T8bQnAhT-4E>



Další modely epizodické paměti

Není jasné, zdali zvířata mají epizodickou paměť či jen asociativní
„Modely epizodické paměti“

Další modely označují epizodickou paměť jako cokoli
Samovolně uloženého (po jedné expozici)
Použitelného v jiném prostředí (nejedná se o automatizovanou reakci)

Děkuji za pozornost

lukas.hejtmanek@fhs.cuni.cz