

Prostorová navigace u zvířat

Elektrofyzilogické koreláty

Daniel Klement

Fyziologický ústav Akademie věd České Republiky

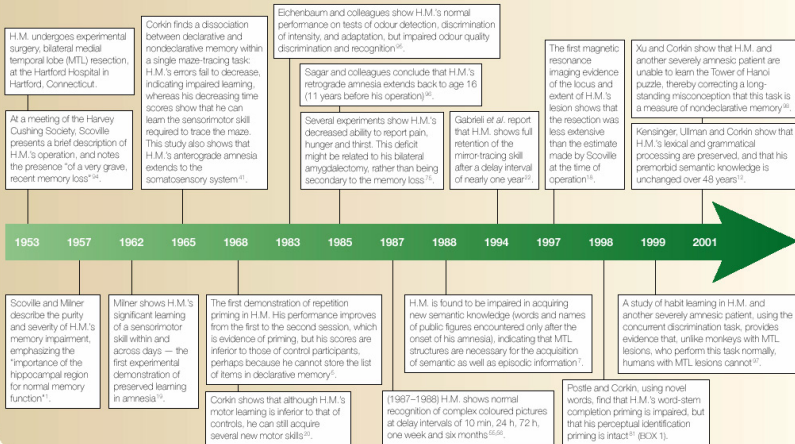
21.3.2013

Pacient H.M.

- narozen v roce 1926
- po mnoho let parciální epileptické záchvaty, snad následkem úrazu na kole v 7 letech, též pozitivní rodinná anamnéza
- tonicko-klonické záchvaty od 16. narozenin
- v roce 1953 lokalizace epilepsie a následná chirurgická léčba – odstranění pravého a levého mediálního temporálního laloku
- před operací normální paměť, po operaci těžká anterográdní amnézie a stupňovaná retrográdní amnézie
- zemřel v roce 2008

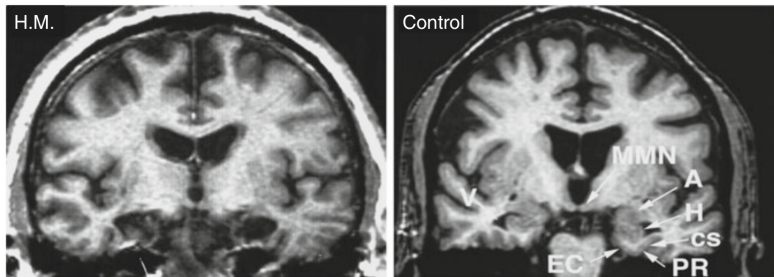
Patient H.M.

Timeline | Scientific landmarks in the study of H.M.



Patient H.M.

MRI

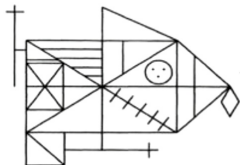


Pfaff (ed.), *Neuroscience in the 21st century*, 2013

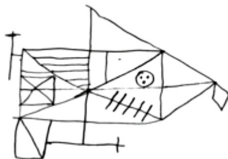
Patient H.M.

Rey diagram

Original



Direct copy



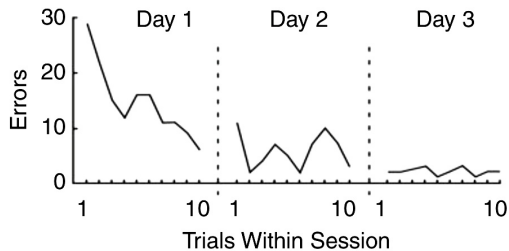
Delayed

By Recall
No recall of even drawing
it.

Pfaff (ed.), *Neuroscience in the 21st century*, 2013

Patient H.M.

Kreslení v zrcadle

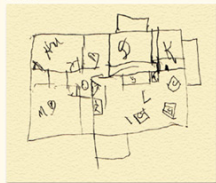


Pfaff (ed.), *Neuroscience in the 21st century*, 2013

Patient H.M.

Plán bytu, do kterého se H.M. nastěhoval několik let po operaci.

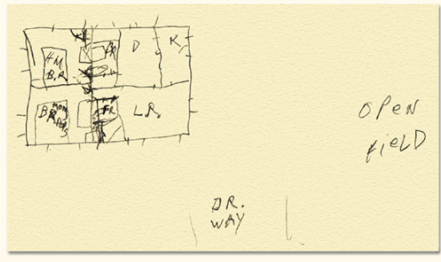
a 1966



c

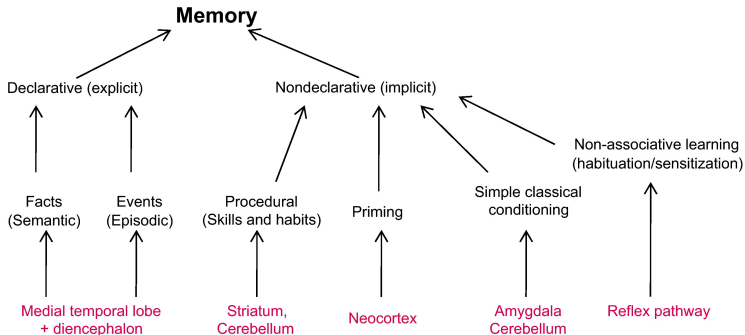


b 1977



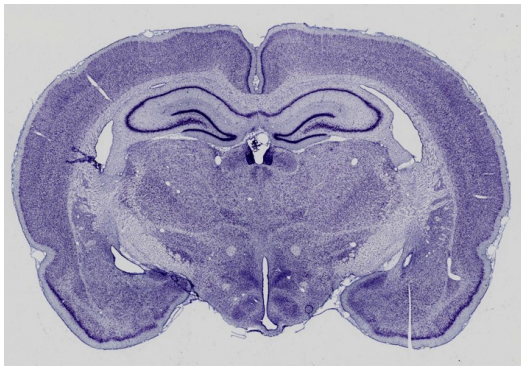
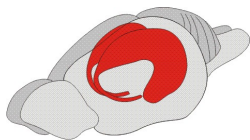
Nature Reviews | Neuroscience

Druhy paměti



Deiana et al., *Behav Brain Res.*, 2011

Hipokampus laboratorního potkana



70. léta – klíčové období pro behaviorální výzkum hipokampu u potkanů

- Vanderwolf CH, *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.*, 1969
- Ranck JB Jr., *Exp Neurol.*, 1973
- O'Keefe and Dostrovsky, *Brain Res.*, 1971
O'Keefe and Nadel, *Hippocampus as a cognitive map*, 1978

Hipokampální EEG

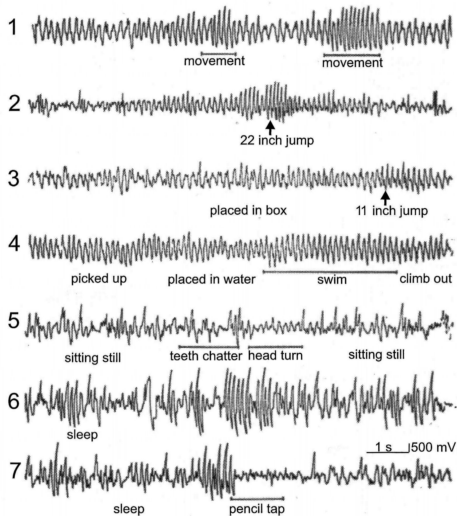
Klasifikace dle Vanderwolfa

- **Theta rytmus** (Rhythmical Slow Activity, RSA)
4-12 Hz rytmická aktivita
 - Typ I (7-12 Hz, atropine rezistentní)
 - Typ II (4-6 Hz, atropine sensitivní)
- **LIA (Large Irregular Activity)**
nepravidelná aktivita s vyšší amplitudou a nižší dominantní frekvencí než u theta rytmu
- **SIA (Small Irregular Activity)**
desynchronizovaná vysoko frekvenční aktivita s nízkou amplitudou

Vanderwolf, *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.*, 1969

(Kramis and Vanderwolf, *Exp Neurol.*, 1975)

Hipokampální EEG a chování



Hipokampální EEG a chování

EEG	Chování
theta, typ I	“velké volní” pohyby , např. chůze, běh, skok, ale i panáčkování, a dále REM spánek
theta, type II	“malé” pohyby , např. změny postoje, izolované pohyby hlavou, končetinami
LIA	behaviorální imobilita a automatické pohybové vzorce , např. škrábání, kousání, a dále pomalý spánek
SIA	občas při ospalosti/probouzení, ukončena prvním pohybem

Vanderwolf, *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.*, 1969

Základní typy hipokampálních neuronů

Electrofyzilogická klasifikace podle J. Rancka Jr.

- **Theta cells** (interneurony)
- **Complex spike cells** (pyramidové buňky)

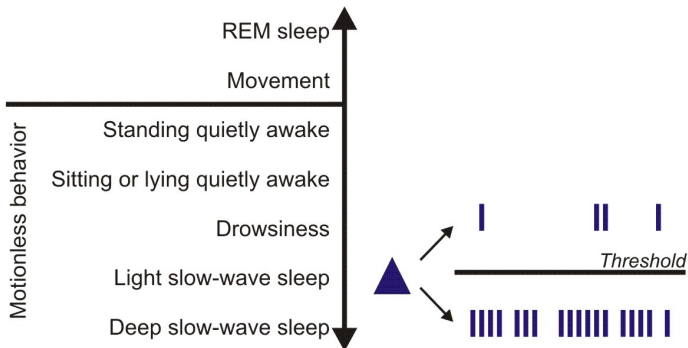
Ranck, *Exp Neurol.*, 1973

Aktivita theta buněk a hipokampální EEG

Aktivita theta buněk	EEG
theta mód – vysoká aktivita často ve fázi s theta rytmem	theta rytmus
automatický mód – nízká aktivita	LIA
slow mode – velmi nízká aktivita	často SIA , pokud ne tak LIA

Ranck, *Exp Neurol.*, 1973

Aktivita “complex spike cells” a chování



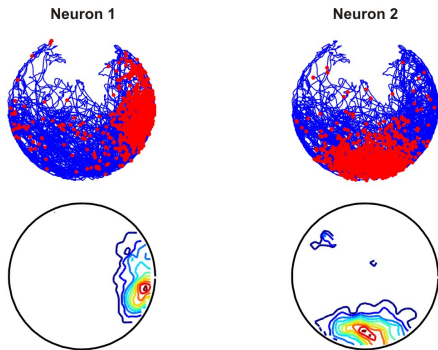
podle Ranck, *Exp Neurol.*, 1973

Ranck našel behaviorální koreláty pro všechny pozorované buňky, ale neuvažoval prostorové aspekty chování.

Místně specifická aktivita “complex spike cells”

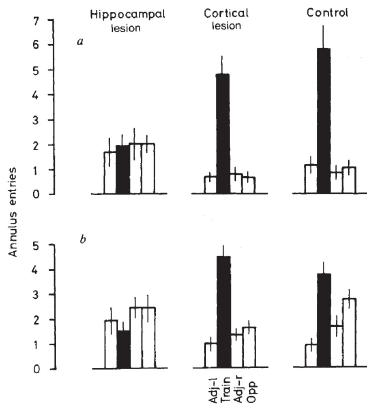
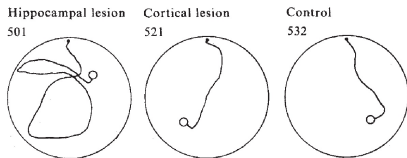
Místové neurony (place cells)

O'Keefe a Dostrovsky (1971) ukázali, že aktivita pyramidových buněk v hipokampu signalizuje pozici subjektu v prostoru.



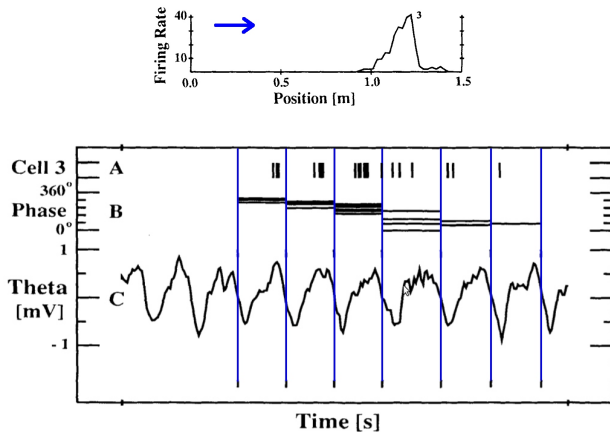
Morrisovo vodní bludiště

Kritická role hipokampu při prostorové navigaci ke skrytému cíli



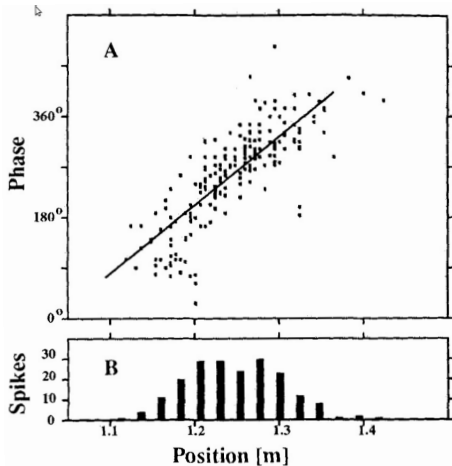
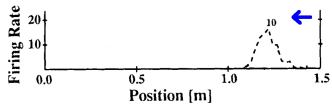
Morris et al., *Nature*, 1982

Místové neurony a theta rytmus



O'Keefe and Recce, *Hippocampus*, 1993

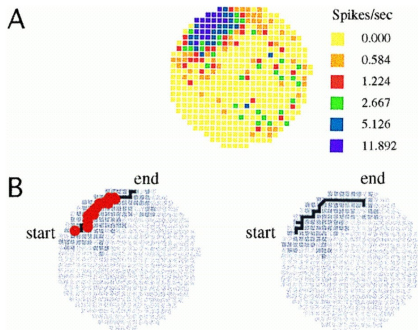
Místové neurony a theta rytmus



O'Keefe and Recce, *Hippocampus*, 1993

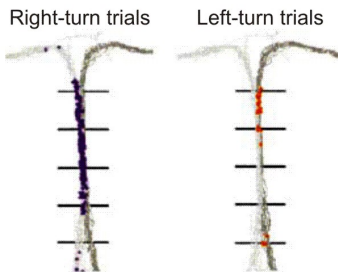
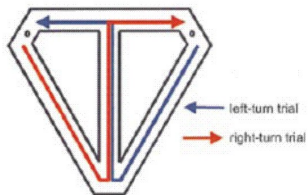
Vysoká variabilita v aktivitě místových neuronů

Kódování extrapoziční informace?



Fenton and Muller, *Proc Natl Acad Sci U S A.*, 1998

Extrapoziční informace v aktivitě místových neuronů



Wood et al., *Neuron*, 2000

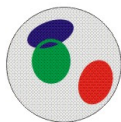
Místové neurony a reprezentace prostředí

Hippocampal pyramidal neurons

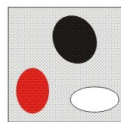


Day N

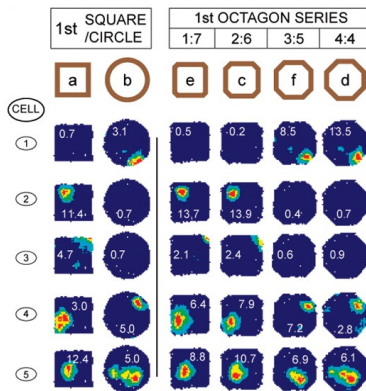
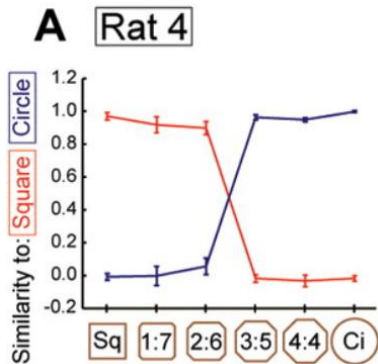
Arena I



Arena II

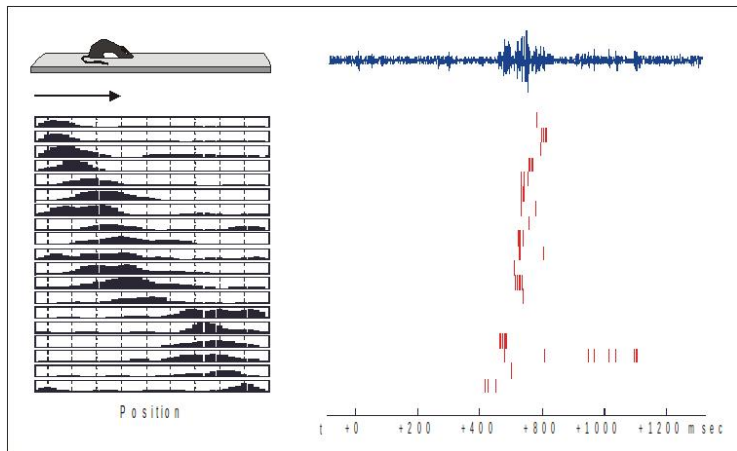


Atraktorová reprezentace prostředí



Wills et al., *Science*, 2005

Přehrávání paměťových stop během “sharp waves/ripples”



Foster and Wilson, *Nature*, 2006

Přehrávání paměťových stop během non-REM a REM spánku

non-REM spánek:

Temporální sekvence neuronální aktivity reflektující behaviorální zkušenost jsou přehrávány v krátkých okamžicích (~ 100 ms), behaviorální sekvence je komprimovaná asi 20-krát.

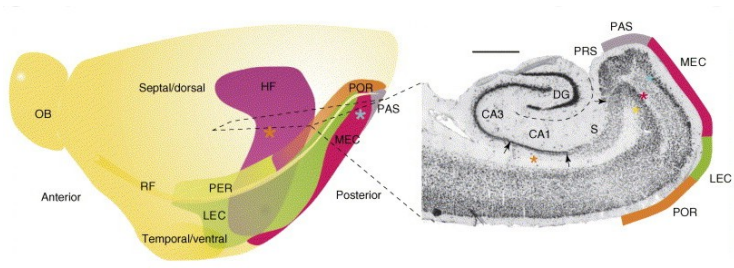
Lee and Wilson, *Neuron*, 2002

REM spánek:

Temporální sekvence neuronální aktivity reflektující desítky sekund až minuty behaviorální zkušenosti jsou přehrávány v reálném čase.

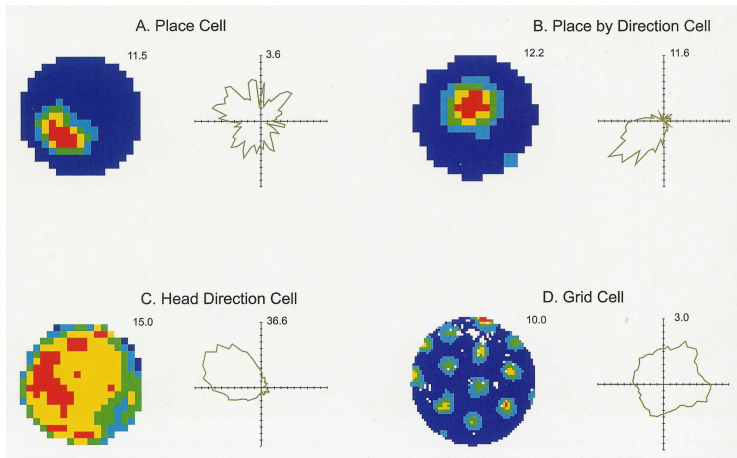
Louie and Wilson, *Neuron*, 2001

Ostatní typy prostorových buněk v hipokampální formaci



Witter and Moser, *Trends Neurosci*, 2006

Ostatní typy prostorových buněk v hipokampální formaci



The Hippocampus Book, Oxford Univ. Press, 2006