ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА В МОЗГЕ

НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ ЗА 2014 ГОД В ОБЛАСТИ ФИЗИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ

Мухин Валерий Николаевич

кандидат медицинских наук
старший научный сотрудник Физиологического отдела им. И. П. Павлова
ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины»

49-я Школа ПИЯФ по физике конденсированного состояния, 16 марта 2015 г.

ИЕРАРХИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА В МОЗГЕ

ГИППОКАМПАЛЬНАЯ ФОРМАЦИЯ

ЭНТОРИНАЛЬНАЯ КОРА

АССОЦИАТИВНАЯ КОРА

СЕНСОРНАЯ КОРА

ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬНЫЕ ЯДРА

НЕРВНЫЕ РЕЦЕПТОРЫ

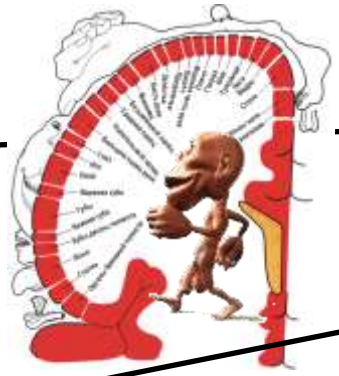
Плохо изучено

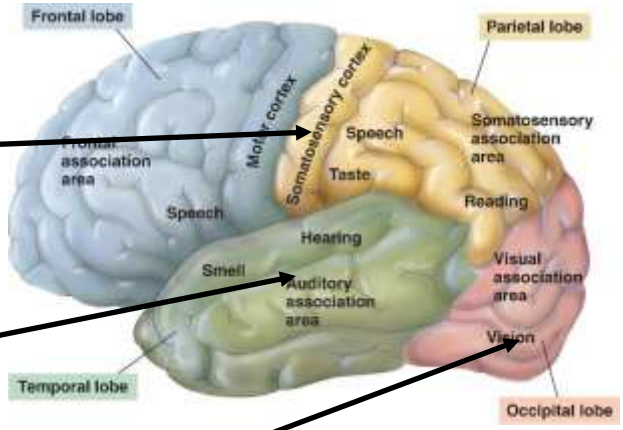
Хорошо изучено

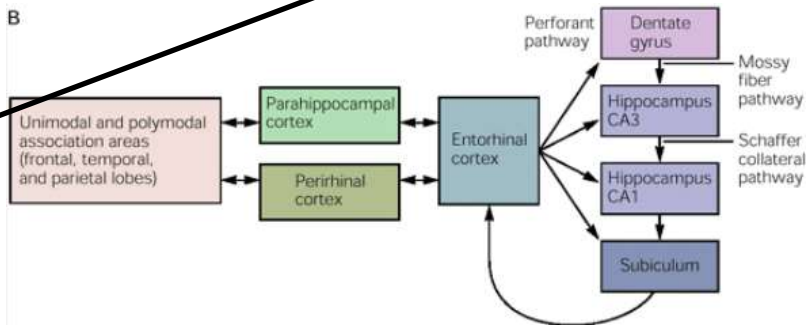
Рецепторы мышц и сухожилий

Рецепторы вестибулярного аппарата

Фоторецепторы глаза





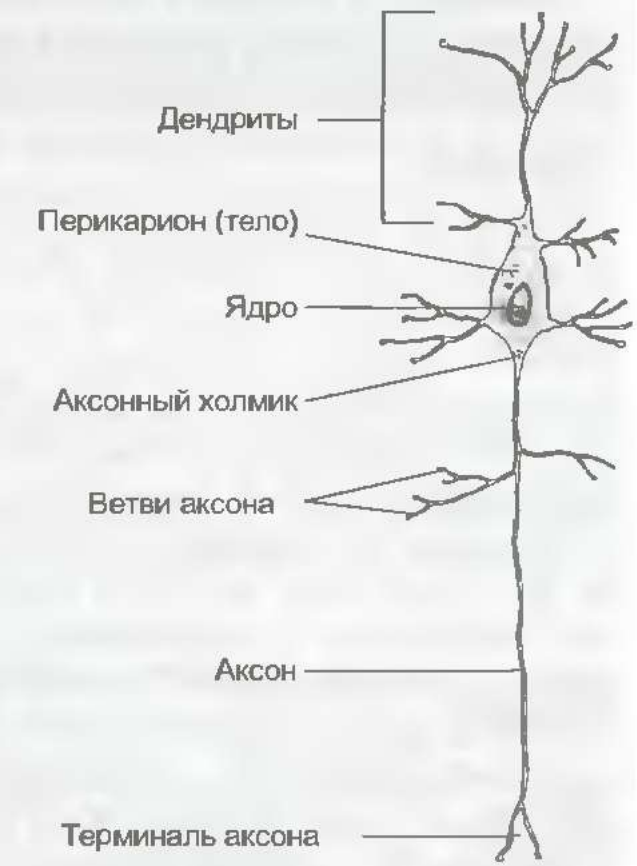


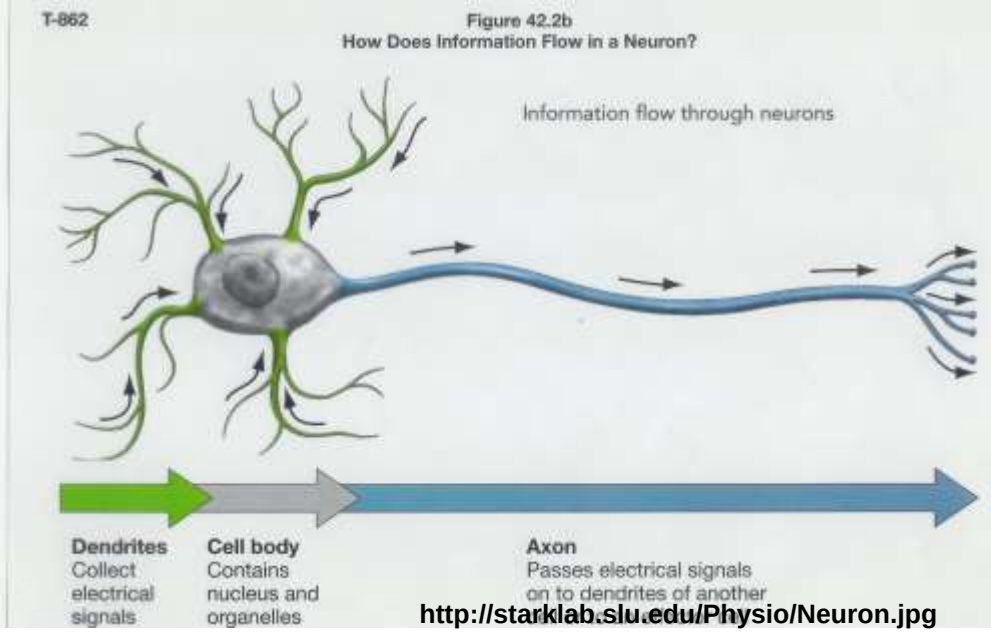
НОБЕЛЕВСКИЕ ЛАУРЕАТЫ 2014 ГОДА ПО МЕДИЦИНЕ И ФИЗИОЛОГИИ:
Джон О’Киф, Мэй-Бритт Мозер и Эдвард Мозер.
7 декабря 2014 г.

Copyright © Nobel Media AB 2014

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ МОЗГ

НЕЙРОН (НЕРВНАЯ КЛЕТКА)



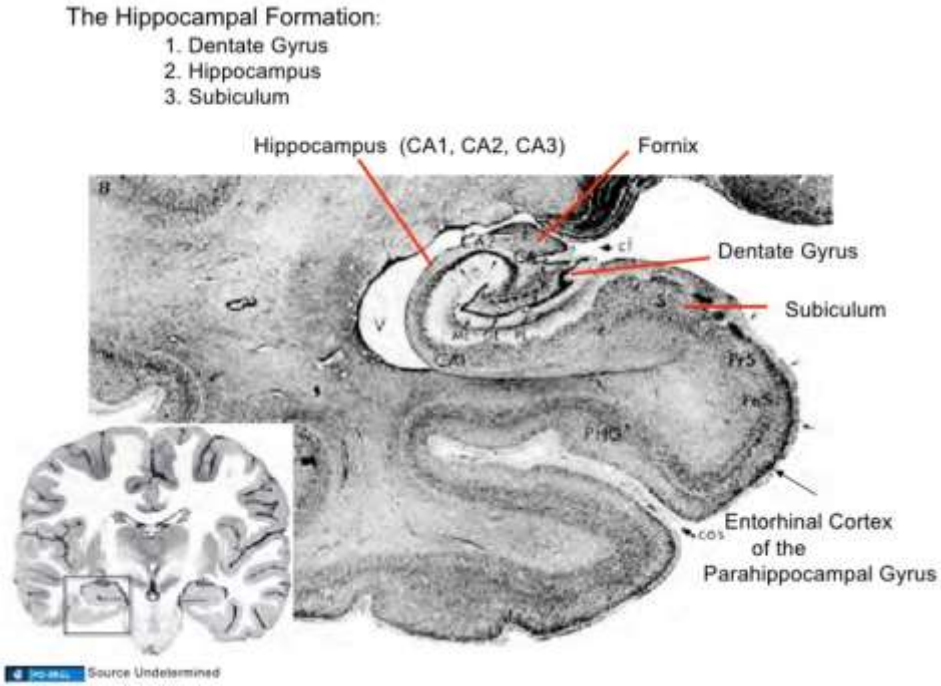


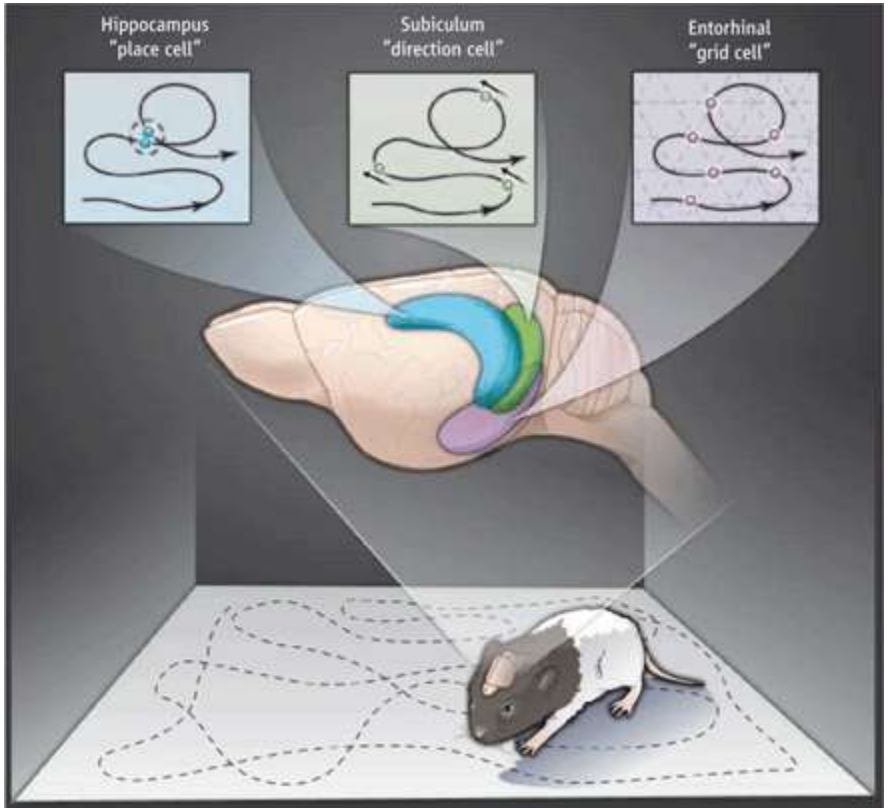
http://starklab.slu.edu/Physio/Neuron.jpg

ГДЕ В МОЗГЕ РАСПОЛОЖЕНА СИСТЕМА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА?

КОРОНАЛЬНЫЕ СРЕЗЫ МОЗГА (СЕРИЯ)

ГИППОКАМПАЛЬНАЯ ФОРМАЦИЯ + ЭНТОРИНАЛЬНАЯ КОРА





Palmer, Linch, 2010

НОБЕЛЕВСКИЙ ЛАУРЕАТ 2014 ГОДА

ДЖОН О’КИФ

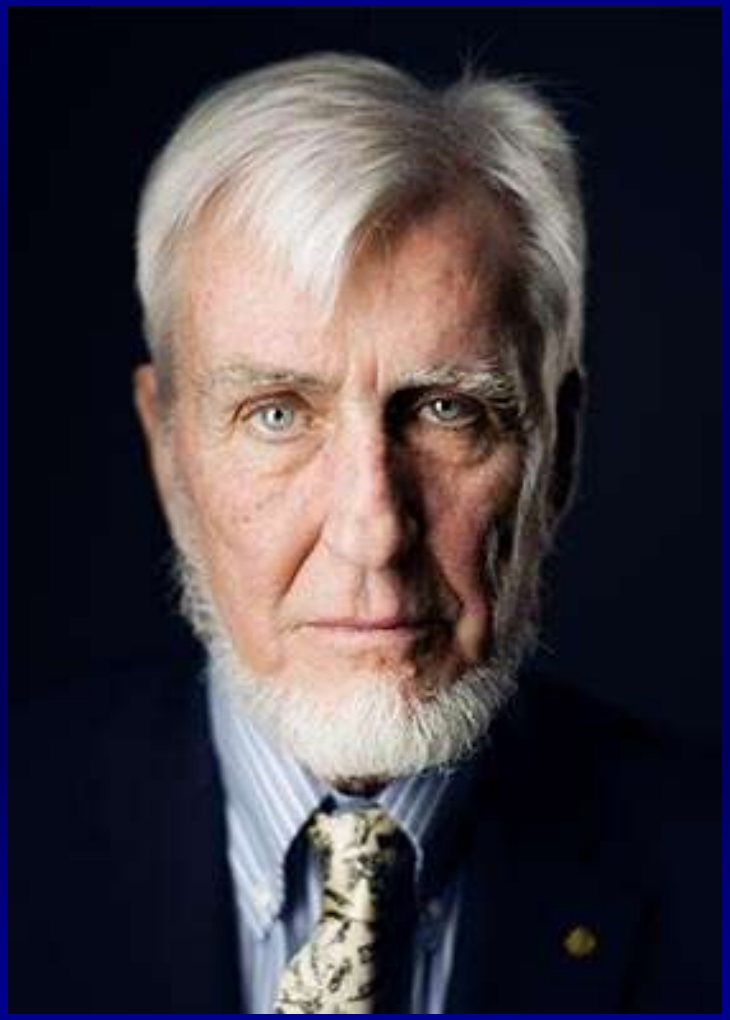


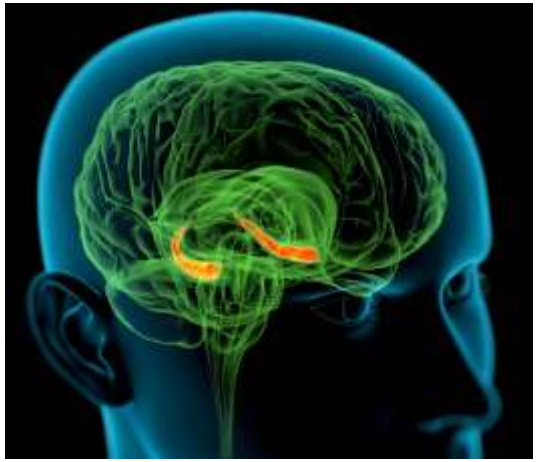
Photo: David Bishop, UCL

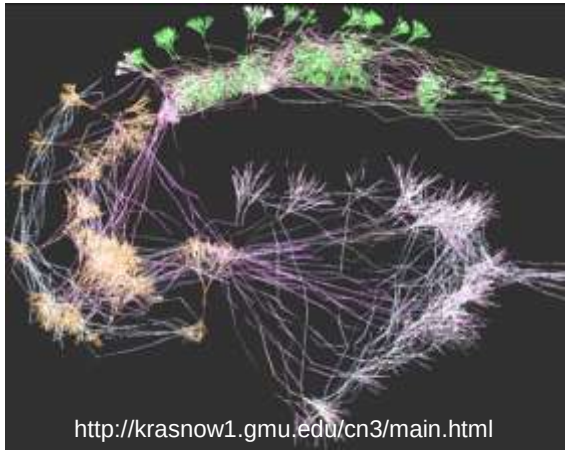
КЛЕТКИ МЕСТА
(PLACE CELLS)

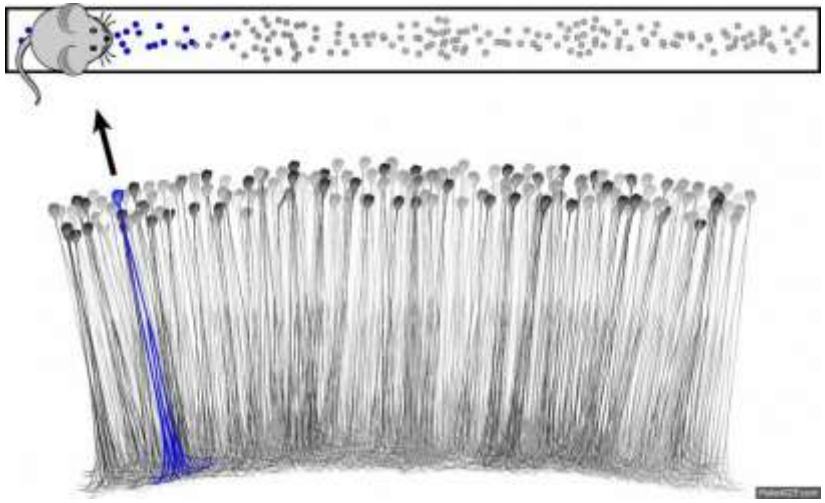
John O'Keefe

Jonathan Dostrovsky

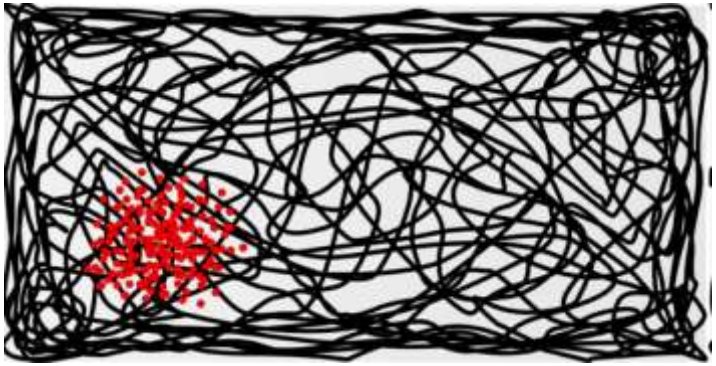
O'Keefe, J. & Dostrovsky, J. The hippocampus as a spatial map. Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat. *Brain Research* **34,** 171–175 (1971).



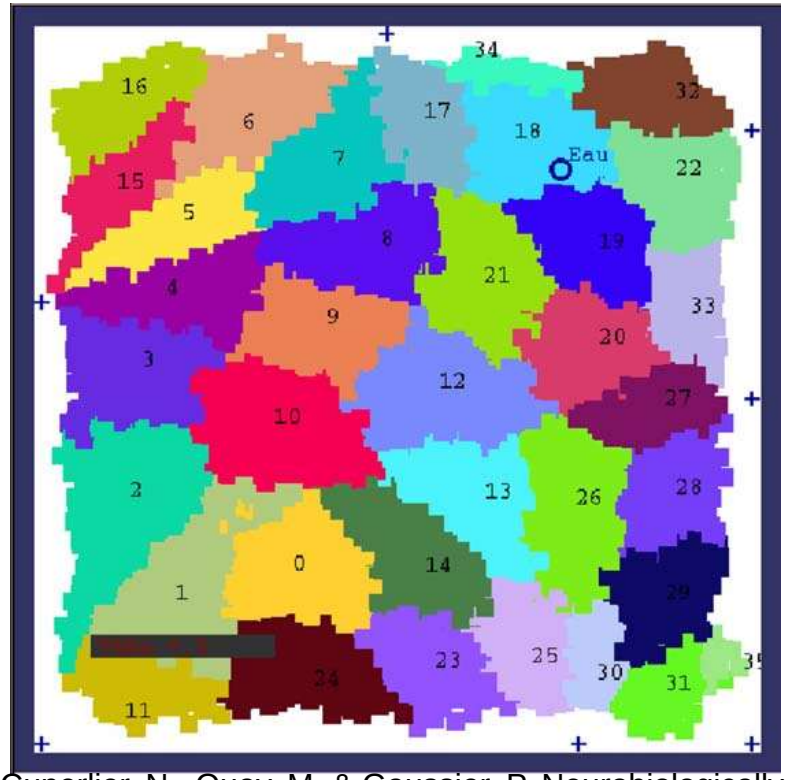




http://knowingneurons.com/2013/04/10/forming-memories-one-neuron-at-a-time/



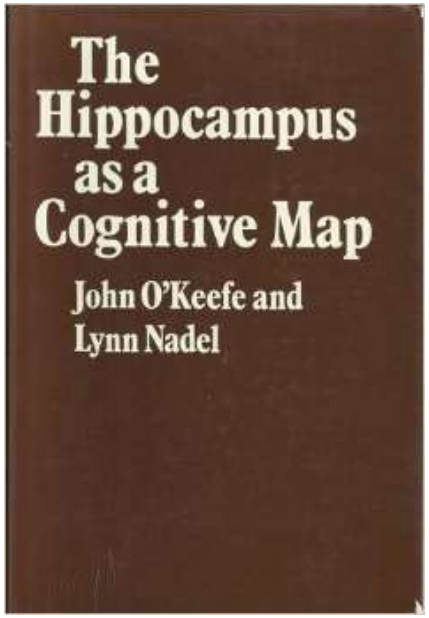
КАРТА КЛЕТОК МЕСТА, РЕМЭППИНГ



Cuperlier, N., Quoy, M. & Gaussier, P. Neurobiologically inspired mobile robot navigation and planning. *Front. Neurorobot.* **1,** 3 (2007).

СИСТЕМА КЛЕТОК МЕСТА ГИППОКАМПА – СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОСНОВА КОГНИТИВНЫХ КАРТ

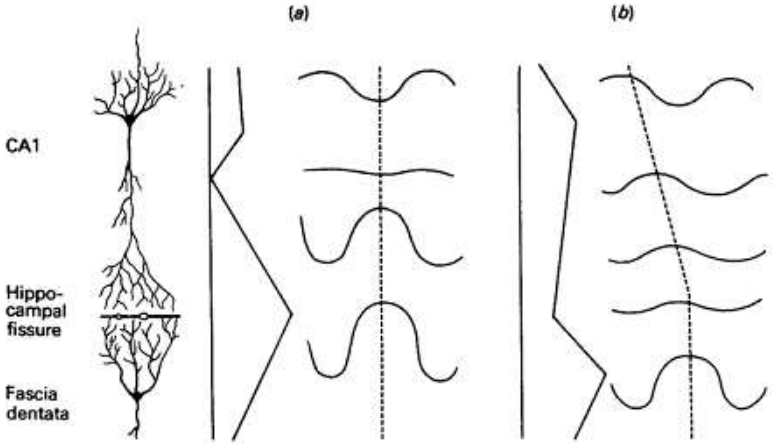
Jojn O’Keefe



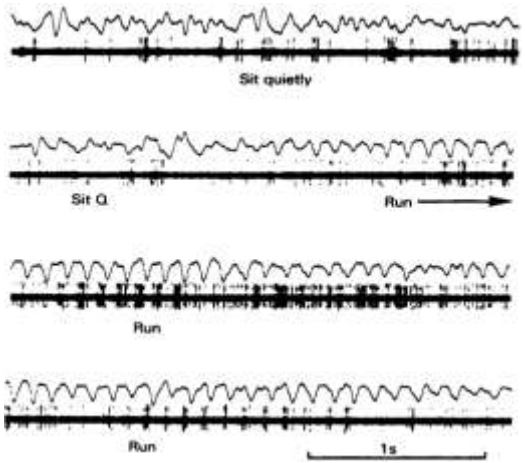
Lynn Nadel

Edward Tolman

Гиппокампальный тета-ритм
(ритмическая медленная активность, rhythmical slow activity, RSA)



Крыса – 6-10 Гц
Кролик, собака, кошка – 3-7 Гц
Человек – около 3 Гц



O'Keefe, J. & Nadel, L.., 1978

Ассоциирован со следующими видами поведения:

I. Взаимодействие с окружающей средой:

1. ходьба, бег, в том числе задом наперёд,
2. повороты
3. прыжки
4. стойки на задних лапах
5. плавание
6. движение головой
7. изменение позы (перенос веса с одной лапы на другую, вставание…)
8. манипуляции с куском пищи
9. копание опилок

II. Сон в фазе БДГ

ФАЗОВАЯ ПРЕЦЕССИЯ АКТИВНОСТИ КЛЕТОК МЕСТА И ТЕТА-РИТМ

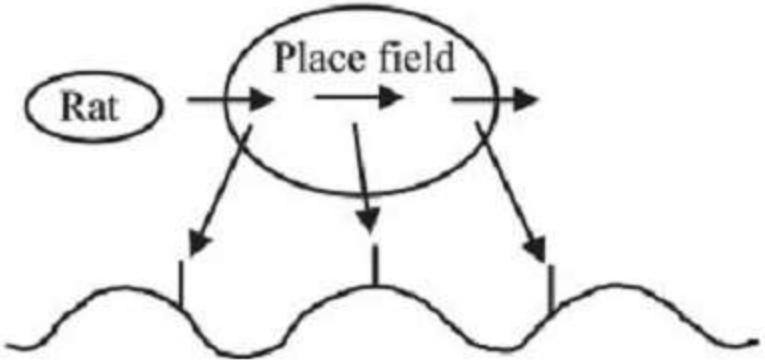


Рис. Hasselmo, 2005

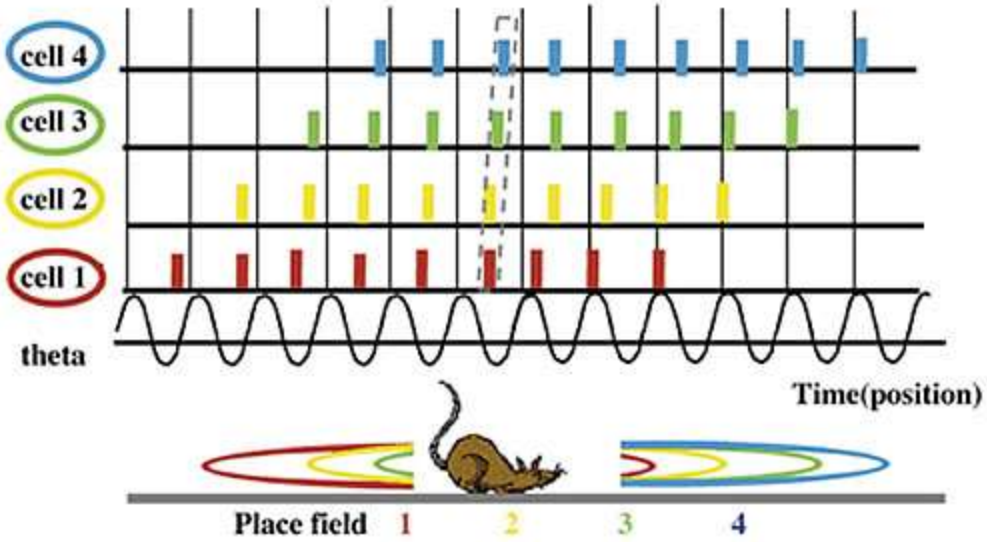


Рис. Yamaguchi, 2003

НОБЕЛЕВСКИЕ ЛАУРЕАТЫ 2014 ГОДА

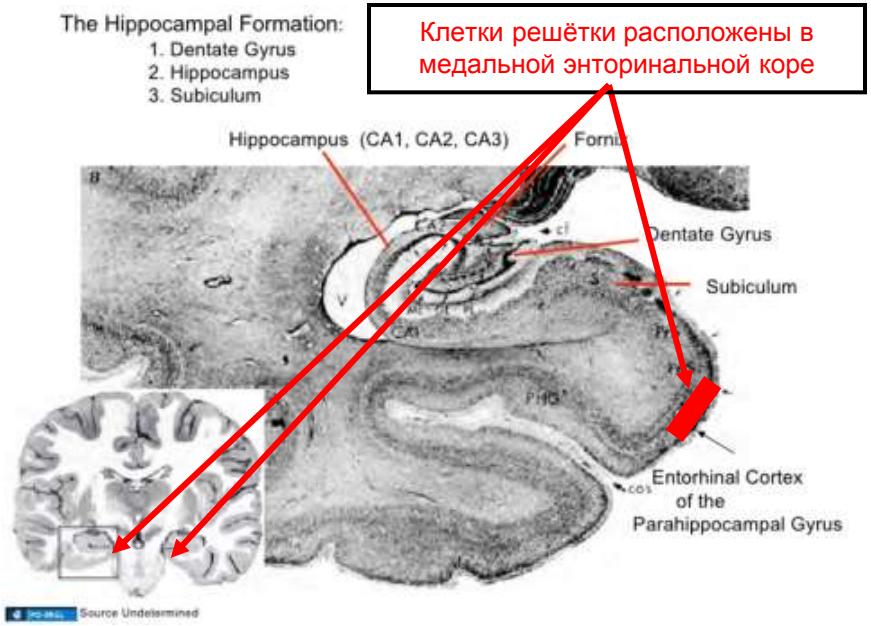
Эдвард Мозер

Мэй-Брит Мозер

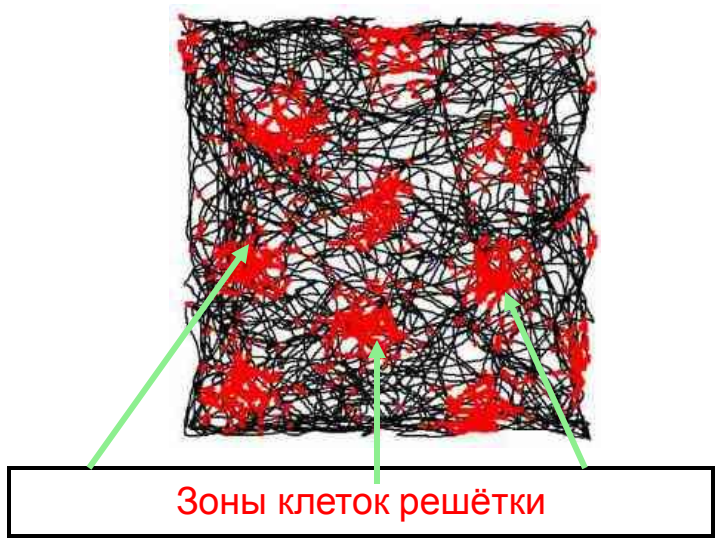
Photo: G. Mogen/NTNU

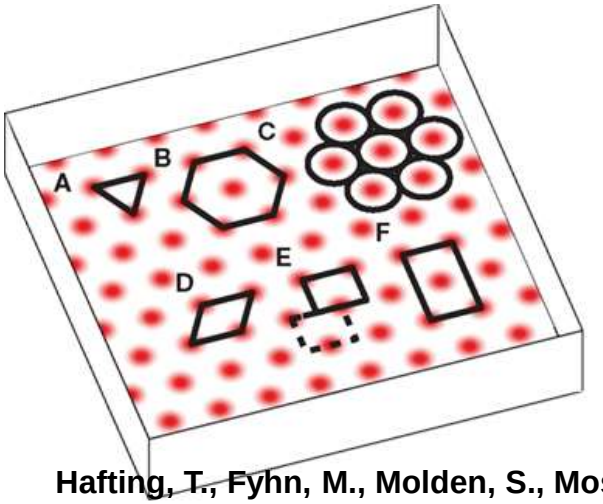
Картина Peter Sdobnov (Zueuk). Невозможное пространство.

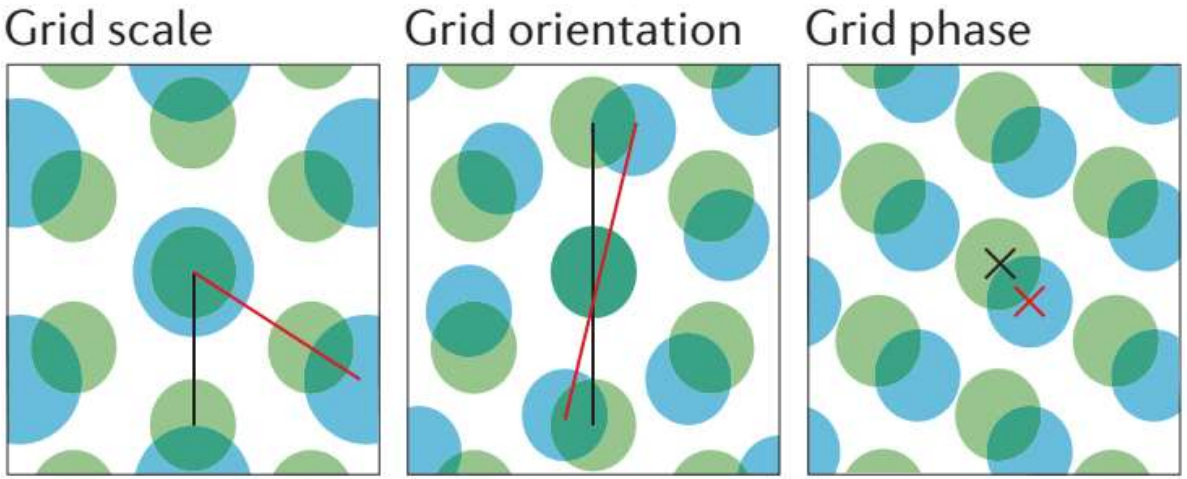
КЛЕТКИ РЕШЁТКИ
(КООРДИНАТНЫЕ КЛЕТКИ, GRID CELLS)



ТРАЕКТОРИЯ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ КРЫСЫ ЗА 30 МИНУТ





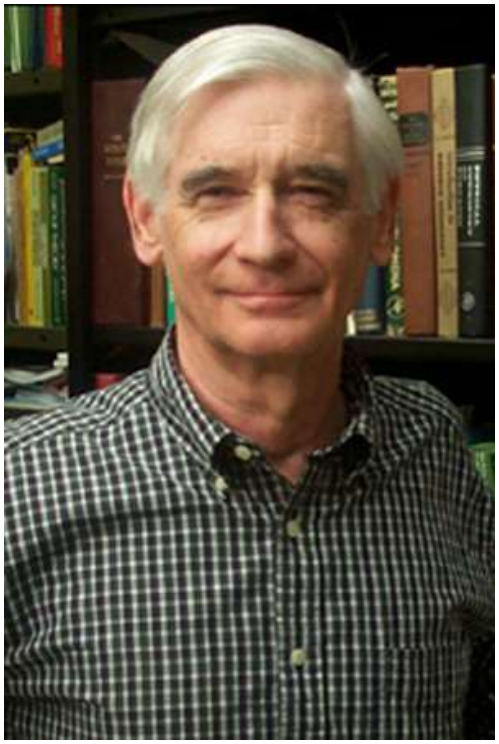


Hafting, T., Fyhn, M., Molden, S., Moser, M.-B. & Moser, E. I. Microstructure of a spatial map in the entorhinal cortex. *Nature* 436, 801–806 (2005).

КЛЕТКИ НАПРАВЛЕНИЯ ГОЛОВЫ (HEAD DIRECTION CELLS)

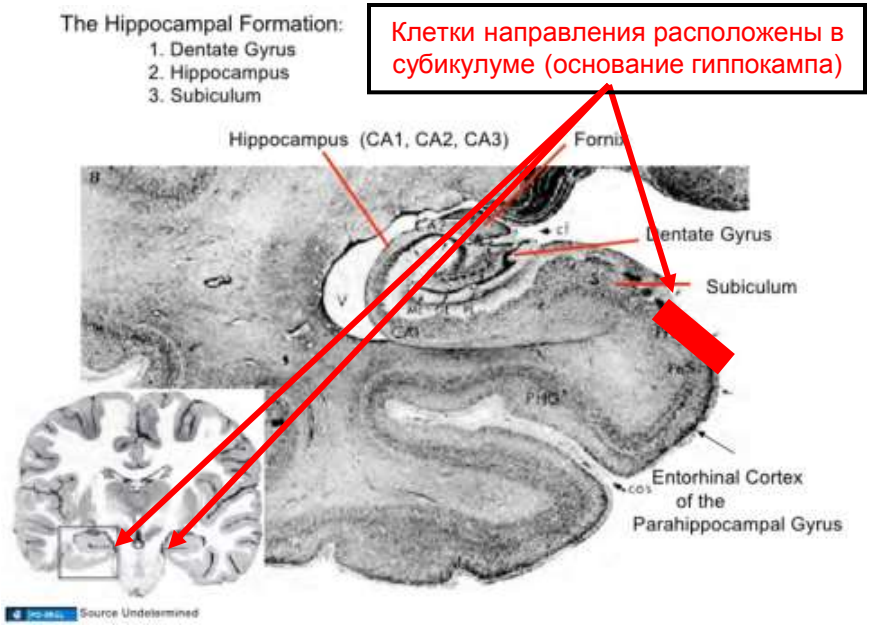
-- Ranck JB Jr **Head direction cells in the deep layer of dorsal presubiculum in freely moving rats.** Soc Neurosci Abstr 10:599. (1984)
-- Taube, J. S., Muller, R. U. & Ranck, J. B. **Head-direction cells recorded from the postsubiculum in freely moving rats. I. Description and quantitative analysis**. *J. Neurosci.* **10,** 420–435 (1990).

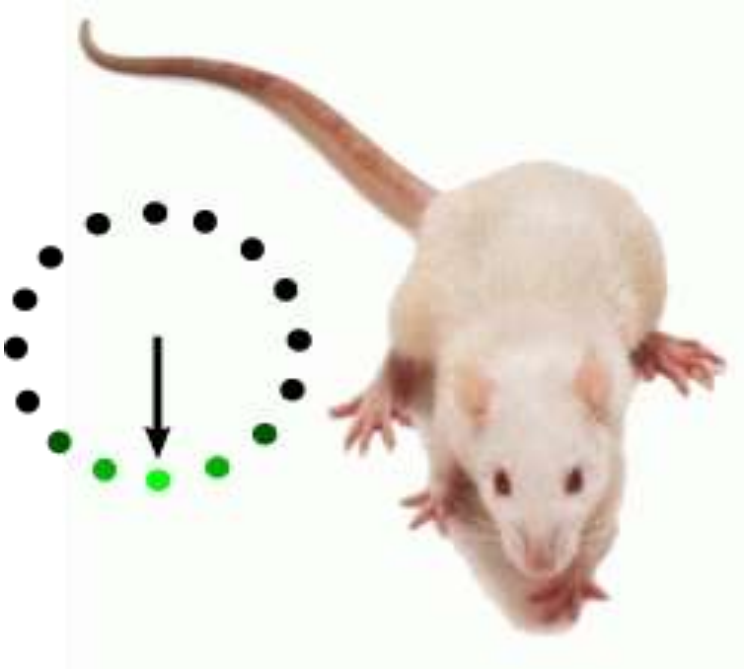
Джеймс Ранк



Джеффери Таубе

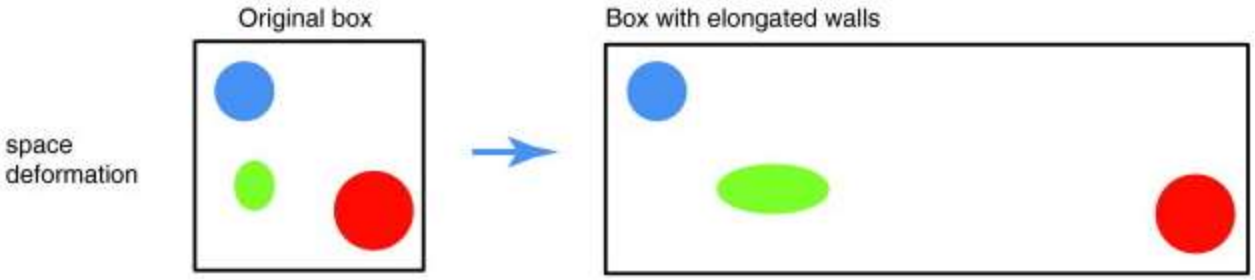
КЛЕТКИ НАПРАВЛЕНИЯ ГОЛОВЫ (HEAD DIRECTION CELLS)

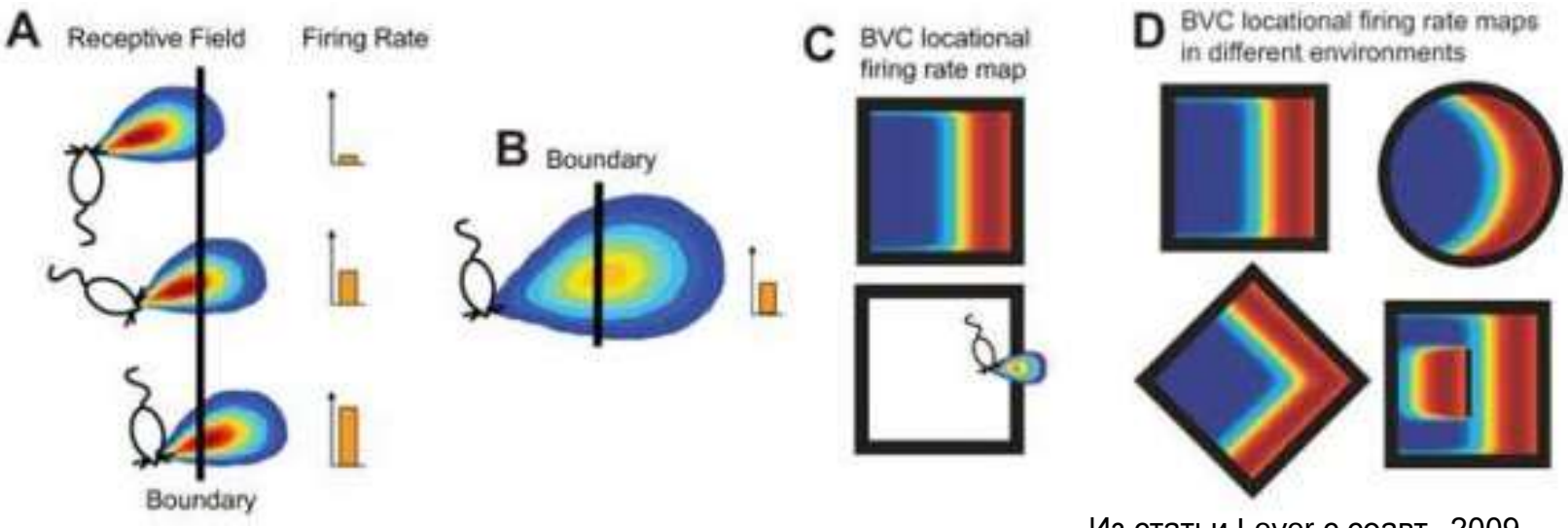




КЛЕТКИ ГРАНИЦЫ

BOUNDARY VECTOR CELLS, BOUNDARY CELLS, BORDER CELLS



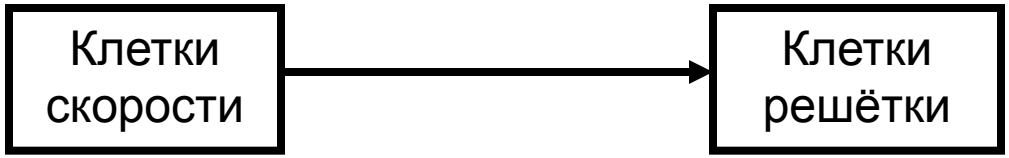


Из статьи Lever с соавт., 2009.

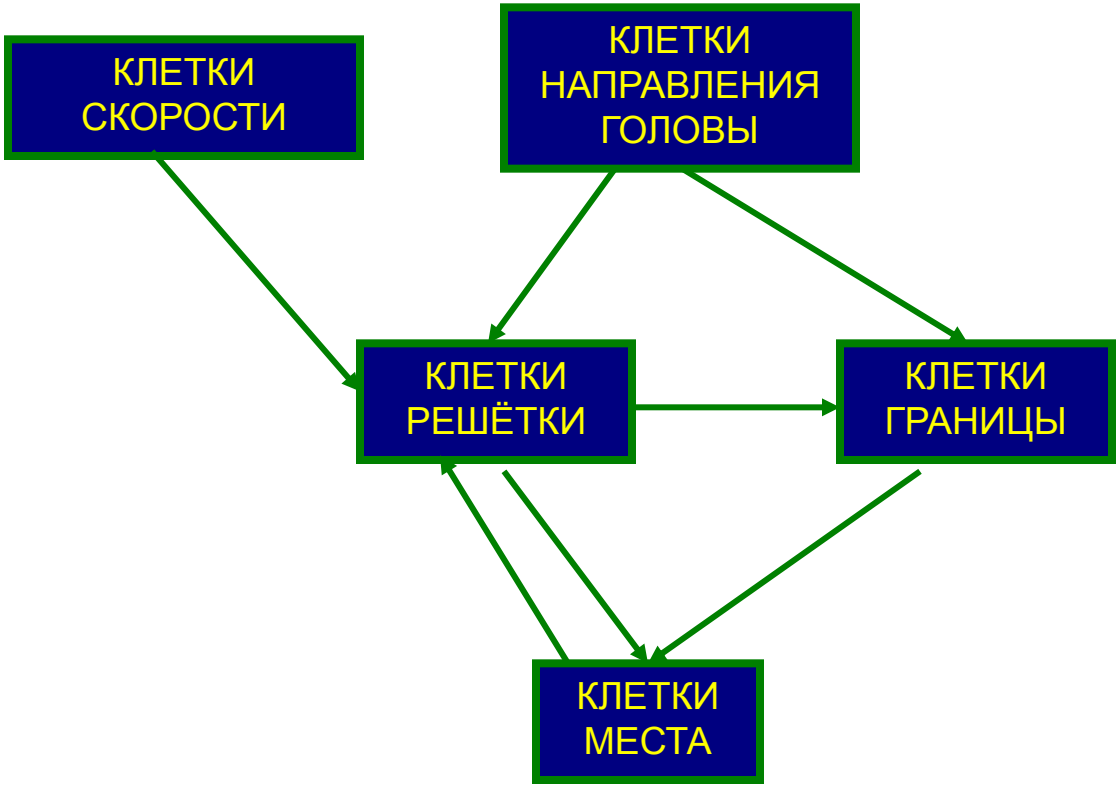
КЛЕТКИ СКОРОСТИ (SPEED CELLS)
КЛЕТКИ СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ (VELOCITY CELLS)

Kropff Causa, E., Carmichael, J. E., Baldi, R., Moser, M. B., & Moser, E. I. (**2013**). Modulation of hippocampal and entorhinal theta frequency by running speed and acceleration. In *Soc. Neurosci. Abstr* (Vol. 39, No. 769.09).

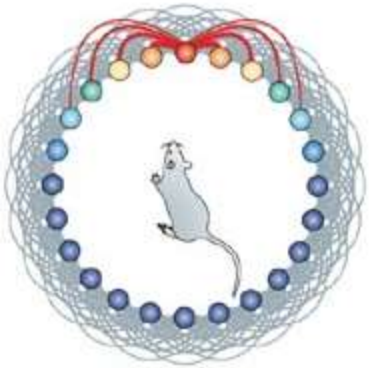
“We found two new functional types of neuron. **Speed cells** are putative interneurons with a firing rate proportional to running speed. **Velocity cells** in the medial entorhinal cortex are putative pyramidal cells with a conjunctive representation of speed and head direction. These cells could be the basis of an entorhinal path integration mechanism.”

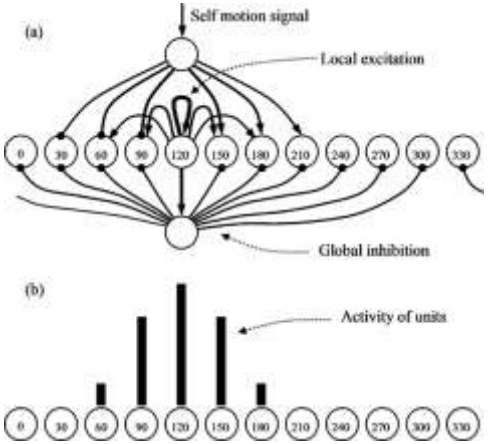


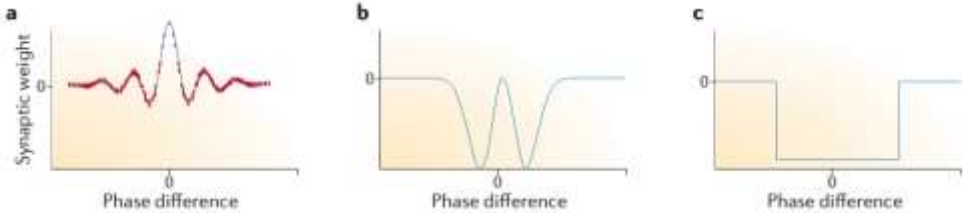
ГИПОТЕЗЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА В МОЗГЕ

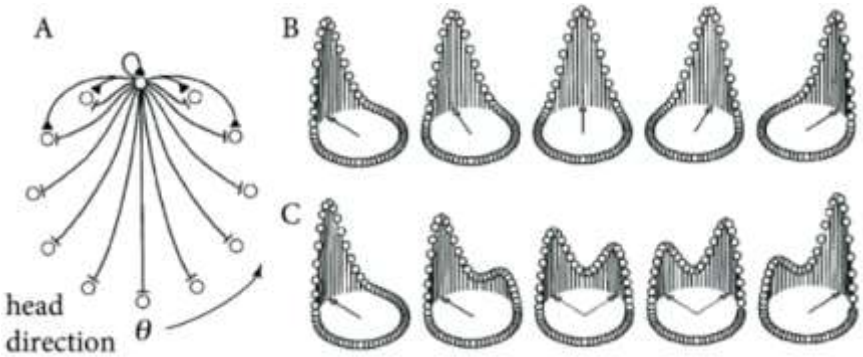


НЕПРЕРЫВНЫЙ АТТРАКТОР –
основная гипотеза взаимодействия
различных типов функциональных клеток пространства



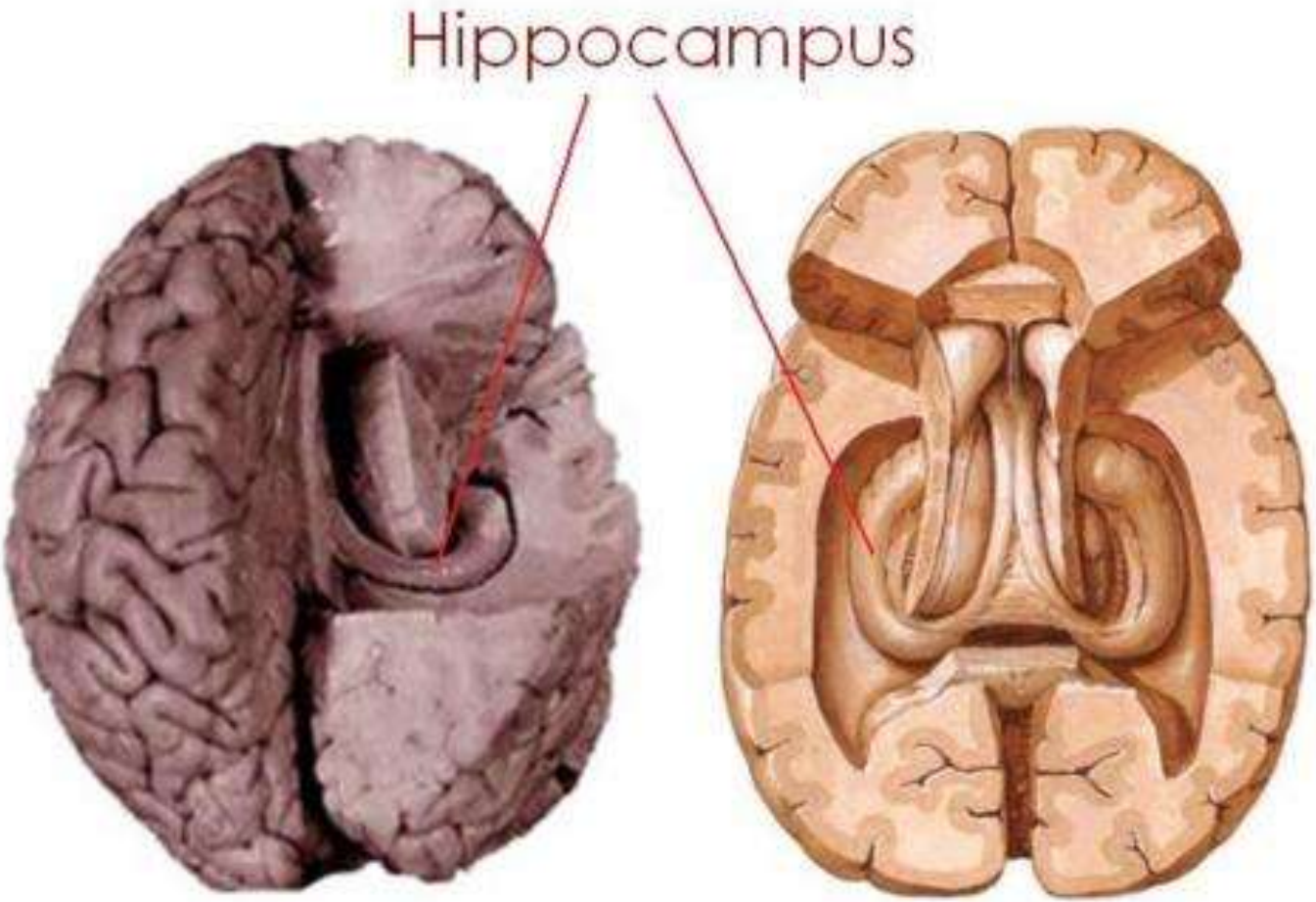


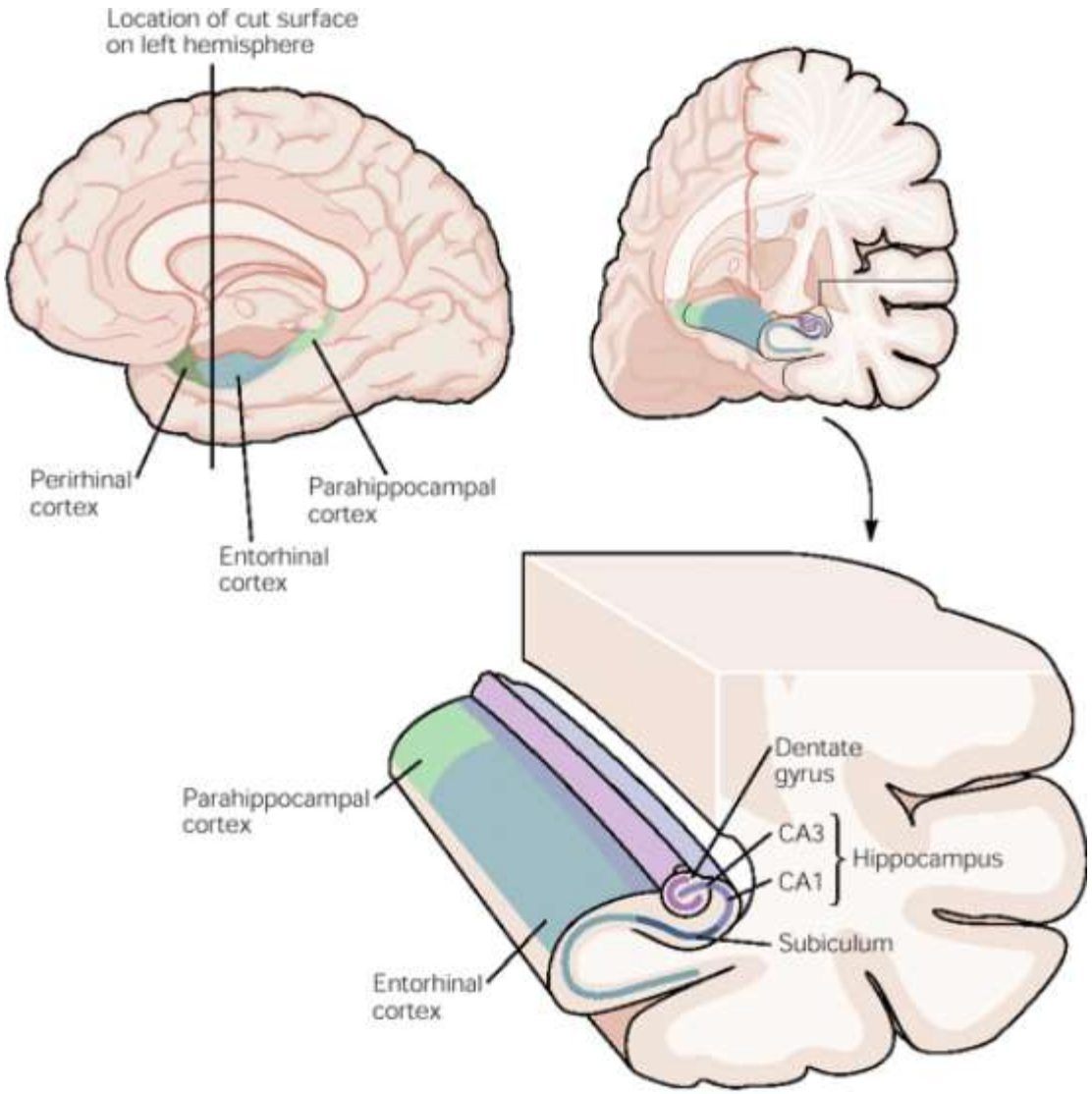




БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!

Картина Peter Sdobnov (Zueuk). Невозможное пространство.


Hippocampus



Eric R. Kandel