

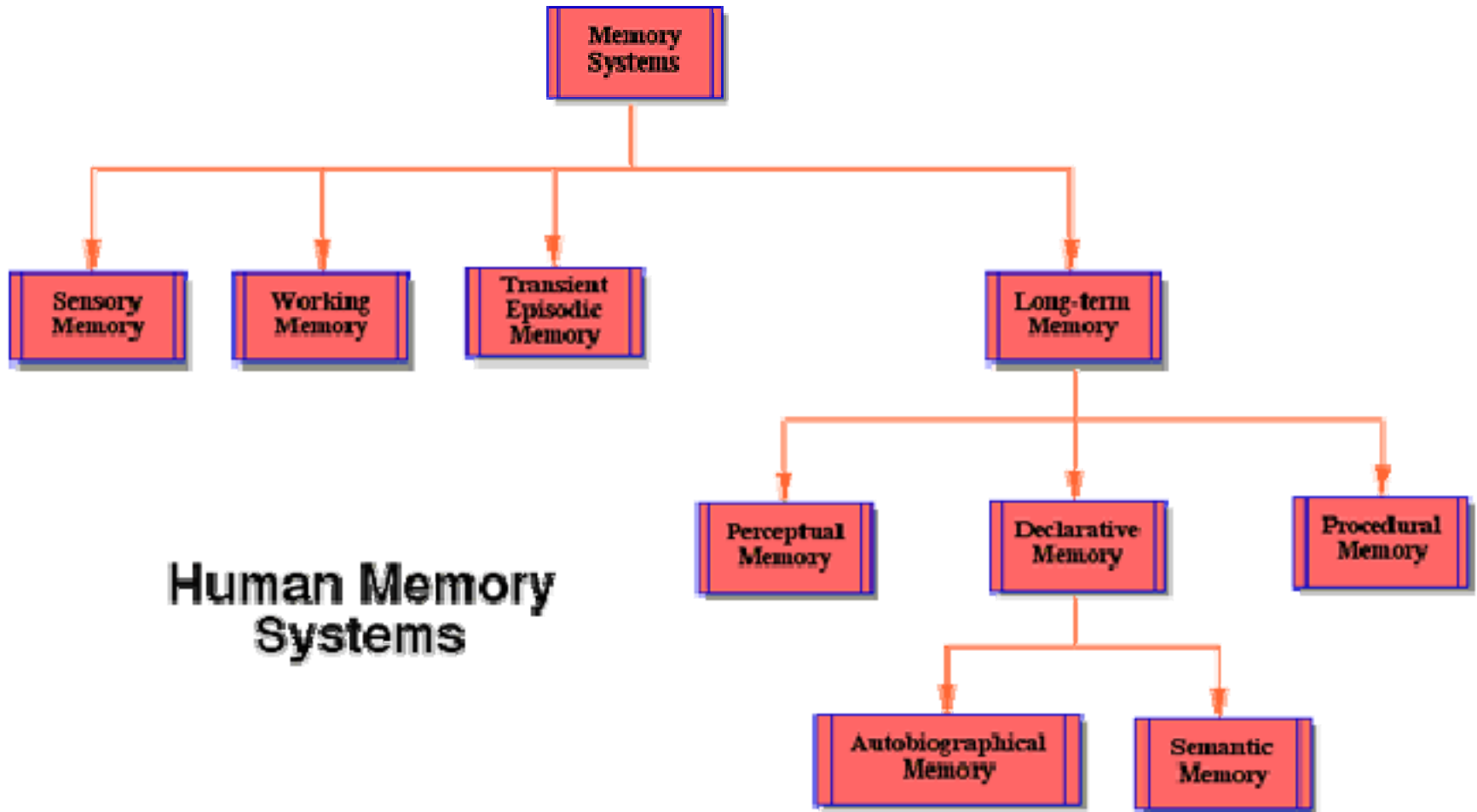
Выступление на семинаре лаборатории Системной организации нейронов им. О.С.Виноградовой (ИТЭБ РАН, Пущино) 16 января 2013 г.

О «новых» функциях гиппокампа

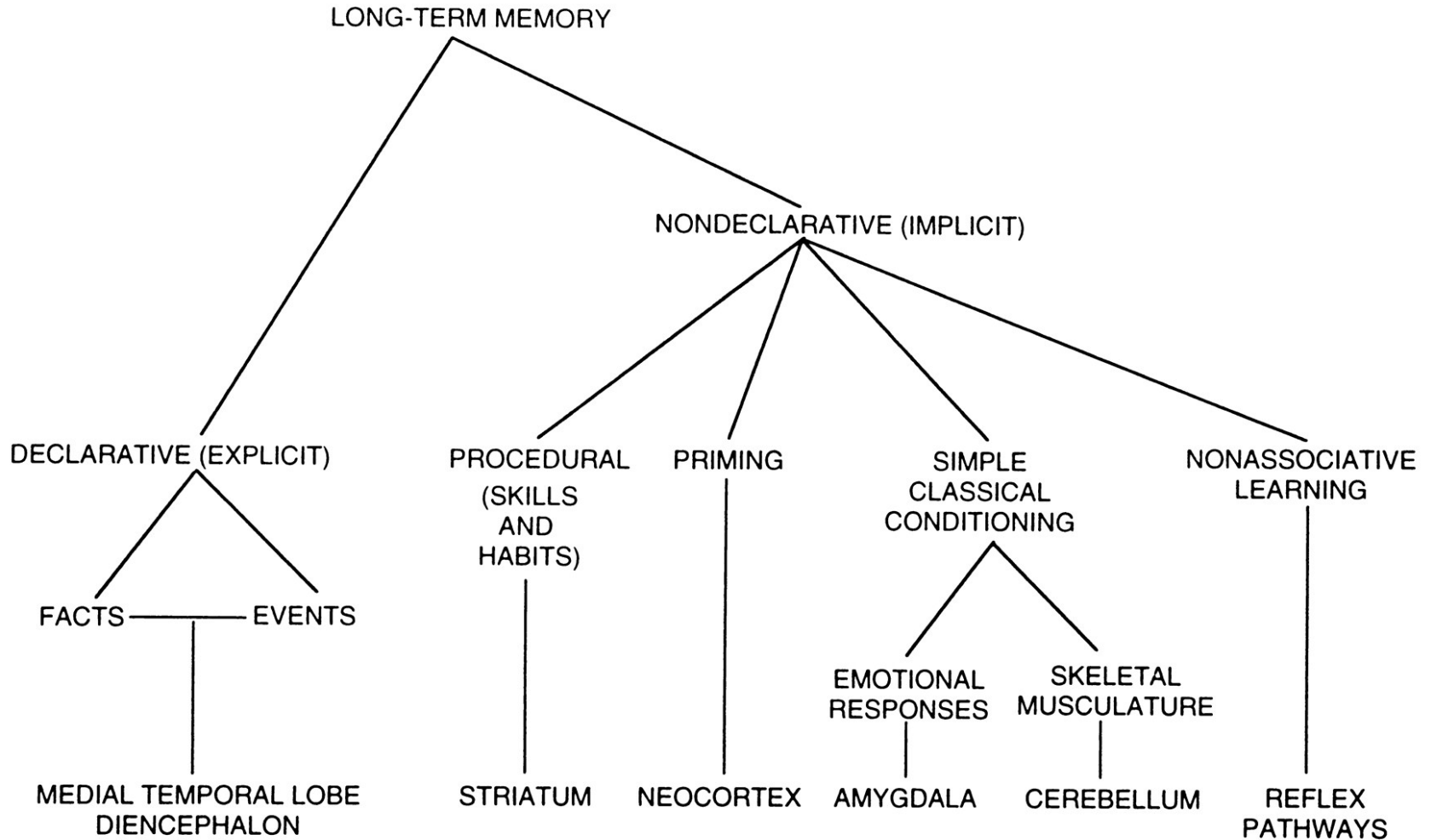
План выступления

1. Краткий обзор систем памяти.
2. Реферат обзора Olsen et al (2012).
3. Теория тета-регулируемого внимания О.С.Виноградовой, как основа решения главных проблем Павловских условных рефлексов.
4. Введение в системные проблемы Интернета в связи с предыдущим.

Краткий обзор систем памяти: общая схема



Краткий обзор систем памяти: роль гиппокампа



Against memory systems

David Gaffan

From abstract: the memory traces are stored in widespread cortical areas rather than in a specialized memory system restricted to the temporal lobe.



Opinion

TRENDS in Cognitive Sciences Vol.9 No.8 August 2005

Full text provided by www.sciencedirect.com



Doubts about double dissociations between short- and long-term memory

Charan Ranganath and Robert S. Blumenfeld

From abstract: the paper questions whether theories of memory need to distinct stores for short- and long-term retention.

Challenging the classical distinction between long-term and short-term memory: reconsidering the role of the hippocampus

Authors: Cashdollar, Nathan; Duncan, John S; Duzel, Emrah

Source: [Future Neurology](#), Volume 6, Number 3, May 2011 , pp. 351-362(12)



From abstract: the ability to maintain the information in working memory for periods as short as a few seconds critically depends on the hippocampus.



The hippocampus supports multiple cognitive processes through relational binding and comparison

Rosanna K. Olsen^{1}, Sandra N. Moses^{1,2,3}, Lily Riggs^{1,4} and Jennifer D. Ryan^{1,4,5}*

Short abstract. The hippocampus is obligatorily involved in the binding of disparate elements across both space and time, and in the comparison of such relational memory representations. Furthermore, the hippocampus supports relational binding and comparison with or without conscious awareness.

The hippocampus supports comparison

- The hippocampus detects similarities/differences between the current perceptual input and stored memory representations, in the service of guiding subsequent cognitive processing and behavior (Vinogradova, 2001).
- According to comparator models, CA1 compares the representations from CA3 and entorhinal cortex and outputs a novelty signal when these representations do not match (Hasselmo and Wyble, 1997; Vinogradova, 2001).
- There is still uncertainty regarding which hippocampal subregions are involved in this comparison process (Hasselmo, 2005; Lee et al., 2005).

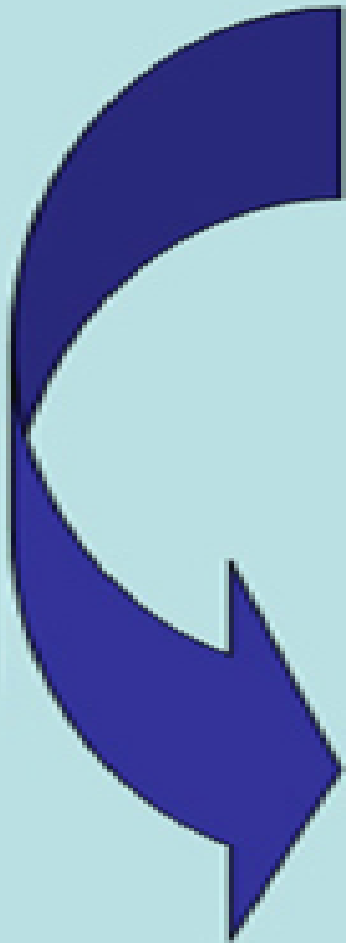
Circular system of regulation

Binding:

Linking disparate elements across space and/or time

Comparison:

Evaluation of current input with stored information



Relational binding and comparison

- The hippocampus, via these processes, contributes to a multitude of cognitive processes, including (but not limited to) perception, short-delay maintenance and retrieval, and long-term recognition.
- The outputs of the binding and comparison processes performed by the hippocampus can be used to guide or bias attention in a way that helps to resolve perceptual ambiguity, or otherwise facilitate the formation of a coherent percept.
- The primary function of the hippocampus appears to be more basic than previously assumed and a comprehensive theory of hippocampal function must explain the role it plays in short-term recognition memory and perception.

The role of the hippocampus in short-delay recognition memory

- A deficit in amnesic patients for remembering visual information over a short delay (Hannula et al., 2006), short term and working memory (Rose et al, 2012).
- Patients with hippocampal amnesia are impaired at learning associations when the two events are not contiguous in time, such as during trace conditioning paradigms (McGlinchey-Berrothetal., 1997; Clark and Squire, 1998).

The role of the hippocampus in perception

- The hippocampus is critically involved in perceptual processing [reviewed by Graham and colleagues (2010) and by Lee and colleagues (2012)].
- One possible mechanism by which the hippocampus contributes to perception is through the formation and comparison of relational memory representations and conjunctions of spatial features (Lee et al, 2012).

Avenues for future research

- Define the exact neural mechanisms that enable binding and comparison.
- Define which particular subregions of the hippocampus perform these functions and the manner by which they communicate.
- Phase synchronization between the hippocampus and neocortex may enable the linking and routing of information necessary to perform binding and comparison.
- A more comprehensive model of hippocampal function is needed to accommodate the full range of data.

Теория тета-регулируемого внимания О.С.Виноградовой, как основа решения главных проблем Павловских условных рефлексов.

The role of the hippocampus in long-term memory: is it memory store or comparator? *J Integr Neurosci*. 7(1): 117-184 (2008)

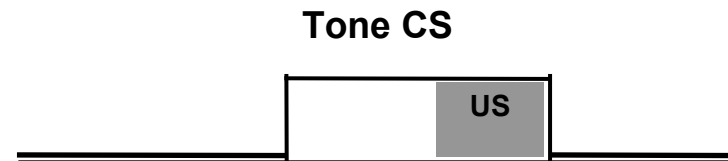
Towards a unified model of Pavlovian conditioning: Solution to the extinction problem. *Recent Researches in Modern Medicine*: 330-340 (2011a)

Towards a unified model of Pavlovian conditioning: A solution to the reconsolidation problem. *Recent Researches in Geography, Geology, Energy, Environment and Biomedicine*: 193-202 (2011b)

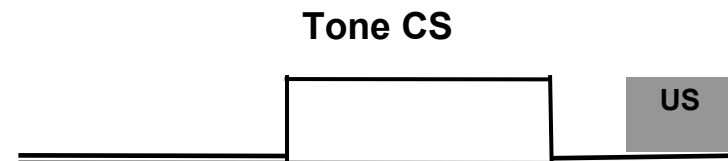
Towards a unified model of pavlovian conditioning: Short review of trace conditioning models. *Cogn Neurodyn* 6(5): 377-398 (2012)

Четыре основных парадигмы Павловских условных рефлексов

A. Delay Conditioning



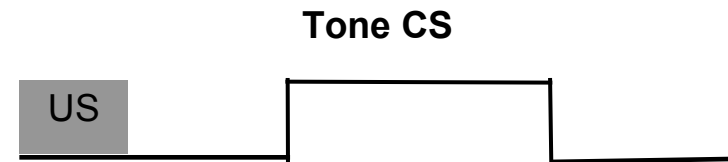
B. Trace Conditioning



C. Context Conditioning



D. Reverse Conditioning



Почему трудно моделировать следовые условные рефлексy ?

- Не ясно, как возможно заполнить временной разрыв между УС и БС порядка секунд и минут, с помощью нейронов и синапсов, работающих в миллисекундной шкале времени
- Не ясно, как осуществляется функциональная координация гиппокампа, префронтальной коры и мозжечка (Kalmbach et al, 2009), посредством тета-ритма (Lesting et al, 2011; Wikgren et al, 2010)
- Почему следовые, а не задержанные рефлексy требуют внимания (Han et al, 2003)

Предыдущие модели условных рефлексов

15

1. Линия задержки с отводами (Desmond and Moore, 1991).
2. Разложение в обобщенный ряд Фурье (Ludvig et al, 2008).
3. Inherent ramp dynamics model (Rivest et al, 2009).
4. Модель фазовых переходов (Rodriguez and Levy, 2001; Levy et al, 2005a, 2005b)
5. Септо-гиппокальная модель (Yamazaki and Tanaka, 2005).
6. Пейсмекер-аккумуляторная модель (Buhusi and Meck, 2005).
7. Внимательно-ассоциативная модель (Schmajuk et al, 1996; Larrauri and Schmajuk, 2008)

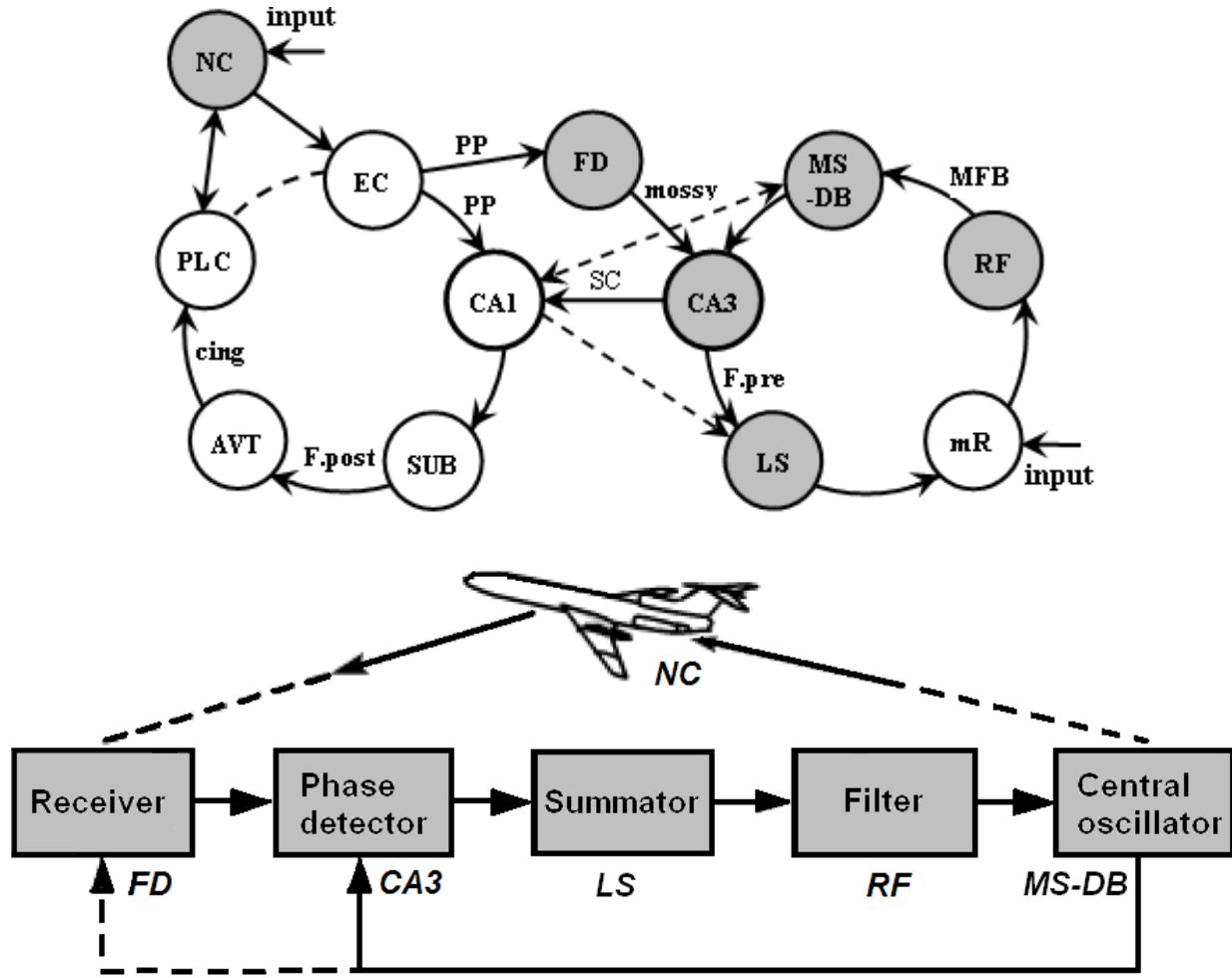
Главные проблемы моделирования следовых условных рефлексов

1. Как могут нейроны и синапсы, работающие в миллисекундной временной шкале, кодировать информацию о временных интервалах порядка секунд и минут ?
2. Какова функция гиппокампа в следовых условных рефлексах? Какова специфическая роль префронтальной коры, амигдалы и мозжечка?
3. Где хранятся следы следовых условных рефлексов?

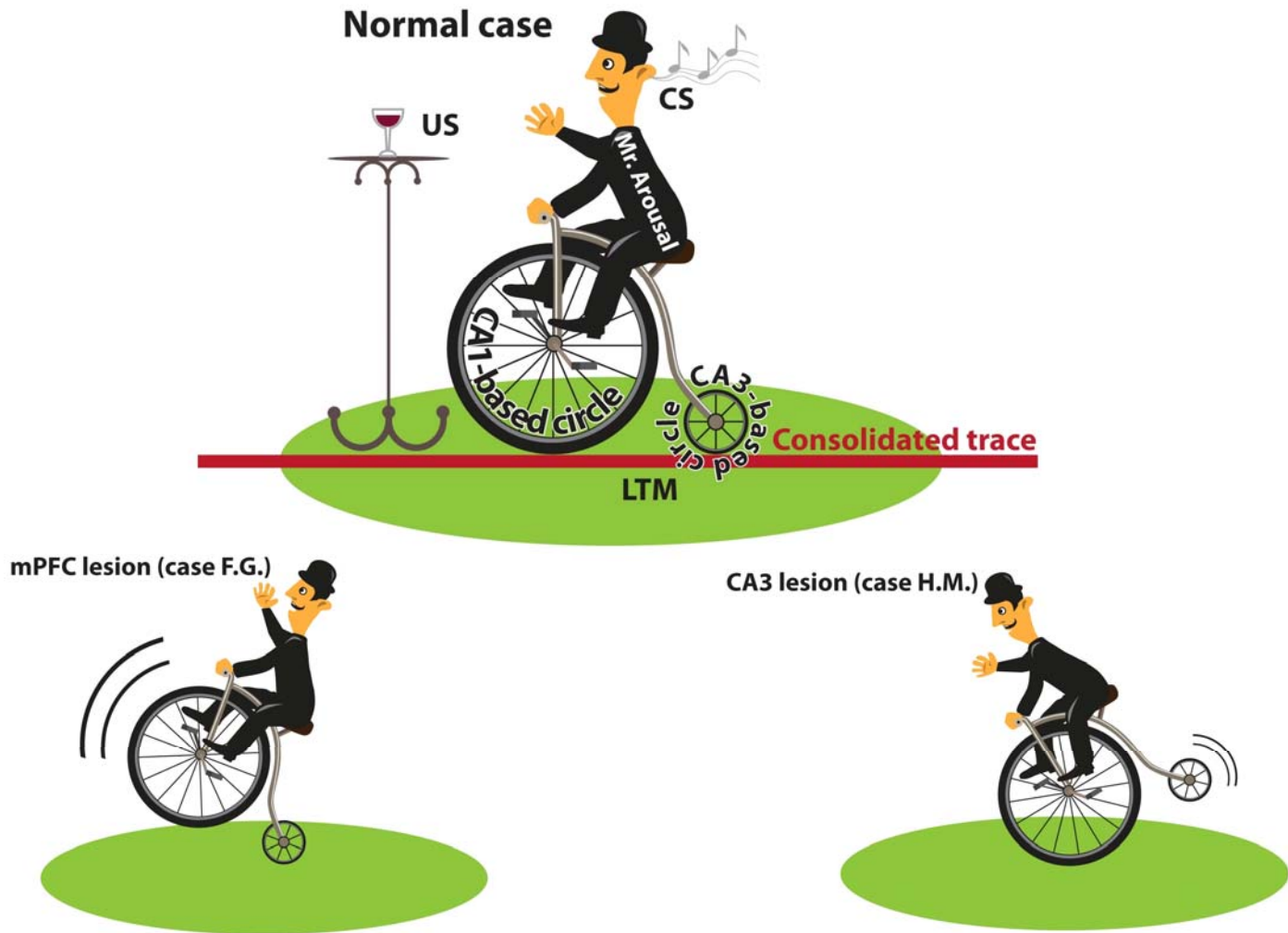
Основные положения тета-регулируемого внимания (Vinogradova, 2001)

- Поле СА3 является компаратором в круге регулирования частоты тета-ритма
- Основанный на поле СА1 информационный лимбический круг служит интегратором и линией задержки
- Медиальный септум является глобальным пейсмекером
- Тета-ритм играет ключевую роль в восприятии, внимании и памяти

Модель “Нейролокатор” как радарная аналогия внимания и ПАМЯТИ (Kryukov, 1991)



«Велосипед» Виноградовой как механическая аналогия следовых условных рефлексов



Основные постулаты модели «Нейролокатор»

1. Лучевая архитектура кортикальных и субкортикальных осцилляторов
2. Гиппокамп - двойной (пространственно-временной) компаратор
3. Единая фазо-частотная система регулирования внимания для всех структур мозга
4. Новый тип обучения в осцилляторной системе – *изолабильное кодирование*

Дифференциальное уравнение модели «Нейролокатор», его редукция и основное неравенство

$$\frac{d\varphi_i}{dt} = \Lambda_{0i} - \left[\sum_{j=1}^n A_{0j} g_j(\varphi_j) + N_j(t) \right] F(p), \quad (i = 1, \dots, n)$$

редуцируется
$$\frac{d\varphi}{dt} = \Lambda_0 - [A_t g_3(\varphi) F(p) + N(t)],$$

где
$$A_t = A_{01} + A_{02} + A_{01} A_{02} g_1(t),$$

и
$$g_1(t) = \int_0^t CS(t-x) US(x) dx / A_{01} A_{02}$$

откуда
$$g_{3min} < \frac{\Lambda_0}{A_{01} A_{02} K} \frac{ISI}{\tau_{CS}} < g_{3max}$$

Где хранятся следы следовых условных рефлексов?

- Некоторые исследователи полагают, что они в:
префронтальной коре (Quinn et al, 2008; Runyan et al, 2004; Pakaprot et al, 2000)
гиппокампе и префронтальной коре (Runyan and Dash, 2005)
мозжечке (Woodruff-Pak and Disterhoft, 2008)
амигдале (Kwapis et al, 2011)
- Модель «Нейролокатор» локализует
КП/ПП, но не ДП – во всех упомянутых выше структурах
ДП – в сенсорной и сенсомоторной коре
- Это утверждение согласуется с данными по:
гиппокампу (Beylin et al, 2001; McGlinchey et al, 2008; Matus-Amat et al, 2007)
префронтальной коре (Simon et al, 2005; Lee and Kesner, 2003)
мозжечку (Gewirtz et al, 2008; Brown et al, 2010; Takatsuki et al, 2003)
амигдале (Raybuck and Lattal, 2011)
сенсомоторной коре (Galvez et al, 2007; Miller et al, 2008, Chavez et al, 2009)

Основные эффекты, объясненные моделью «Нейролокатор»: ²³

7 эффектов перерезок гиппокампа (11 ссылок),

например, считывание памяти возможно без гиппокампа при коротких межстимульных интервалах (Chowdhury et al, 2005; Moyeret et al, 1990)

6 эффектов внимания (15 ссылок),

например, внимание –ключевой триггер для пластичности в А1 (Fritz et al, 2007)

5 эффектов таймирования (15 ссылок),

например, свойство скалярности интервалов (Keihoe et al, 2010) и обратное обуславливание (Quinn et al, 2002)

7 эффектов обучения (23 ссылок),

например, если обучение происходит в интервалах тета-активности, определяемых компьютером, то число необходимых итераций обучения уменьшается в 4 раза (Griffin et al, 2004; Berry and Hoffman, 2011)

Заключение

- Модель «Нейролокатор» предлагает решение трех основных проблем следовых условных рефлексов
- Модель объясняет большинство эффектов следовых условных рефлексов, включая некоторые противоречивые
- Предварительные результаты автора (2011а, 2011в) показывают, что модель может решить проблему угашения и реконсолидации
- Модель предсказывает существование единой глобальной системы автоматического управления, которая может служить универсальной моделью памяти, внимания и Павловских рефлексов

Планируемая работа

- Применение модели «Нейролокатор» для выяснения возможности «стирания» памяти
- Создание крупномасштабной вычислительной системы с целью проверки математических предсказаний модели «Нейролокатор», а также для возможной защиты от несанкционированного вмешательства в работу модульных дата-центров в системе Интернет