

Spánek

kurz Neurobiologie chování a paměti

RNDr. Eduard Kelemen, Ph.D.

Národní ústav duševního zdraví
Fyziologický ústav AVČR



Spánek

Spánková stadia a spánková architektura

Role spánku při konsolidaci paměti – behaviorální studie

Role spánku při konsolidaci paměti – mechanismy

Hypotézy o funkci spánku

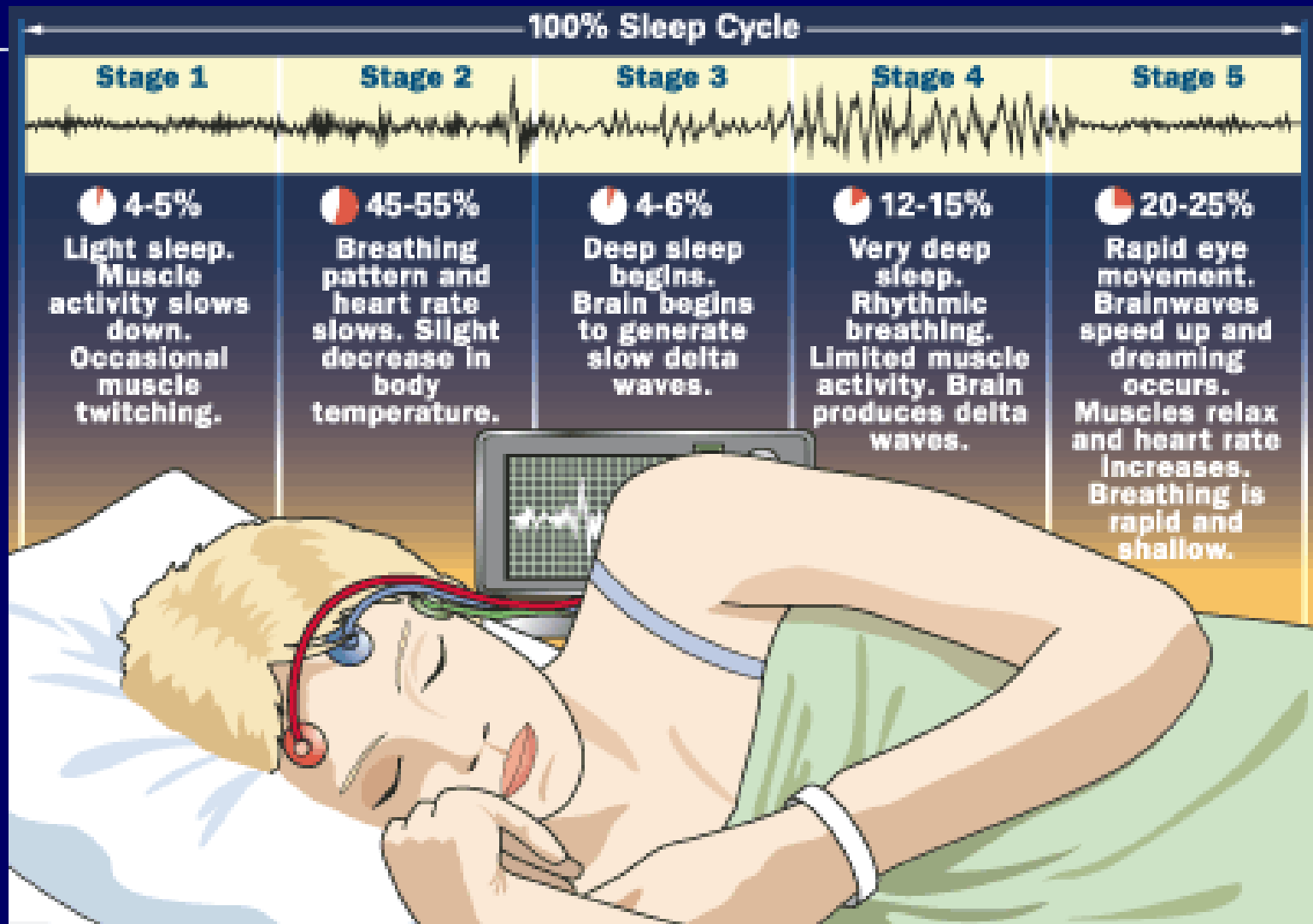
Hypotéza aktivní konsolidace

Hypotéza synaptické homeostázy

Manipulace učení během spánku

Spánková stadia a spánková architektura

Polysomnografie



Spánková stadia a architektura spánku

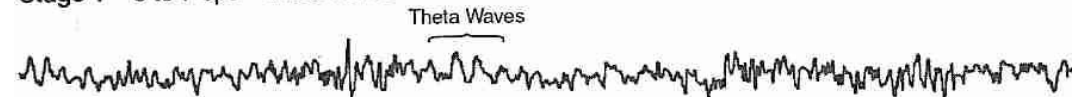
Awake – low voltage – random, fast



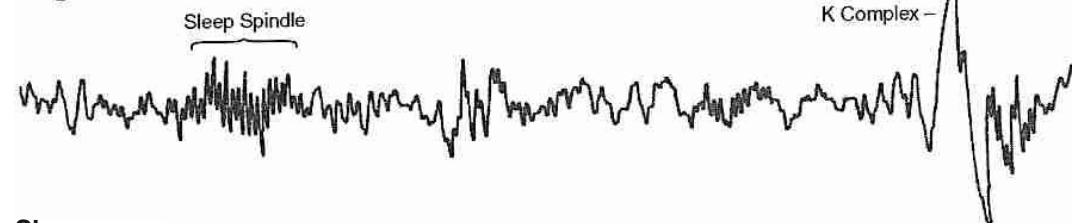
Drowsy – 8 to 12 cps – alpha waves



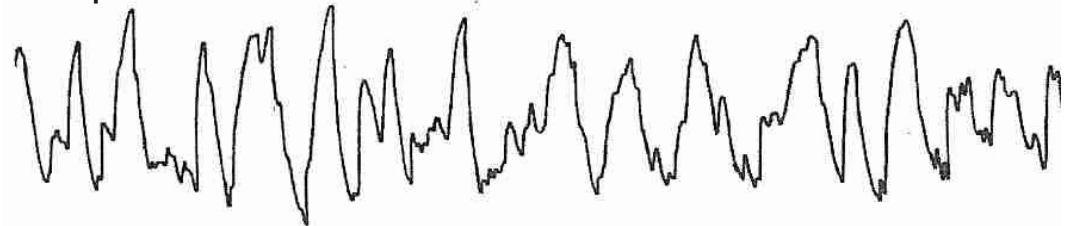
Stage 1 – 3 to 7 cps – theta waves



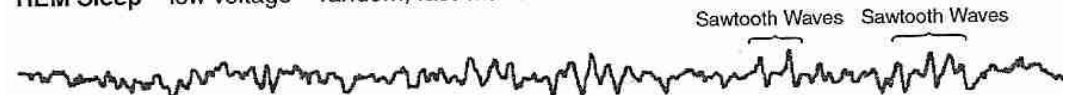
Stage 2 – 12 to 14 cps – sleep spindles and K complexes



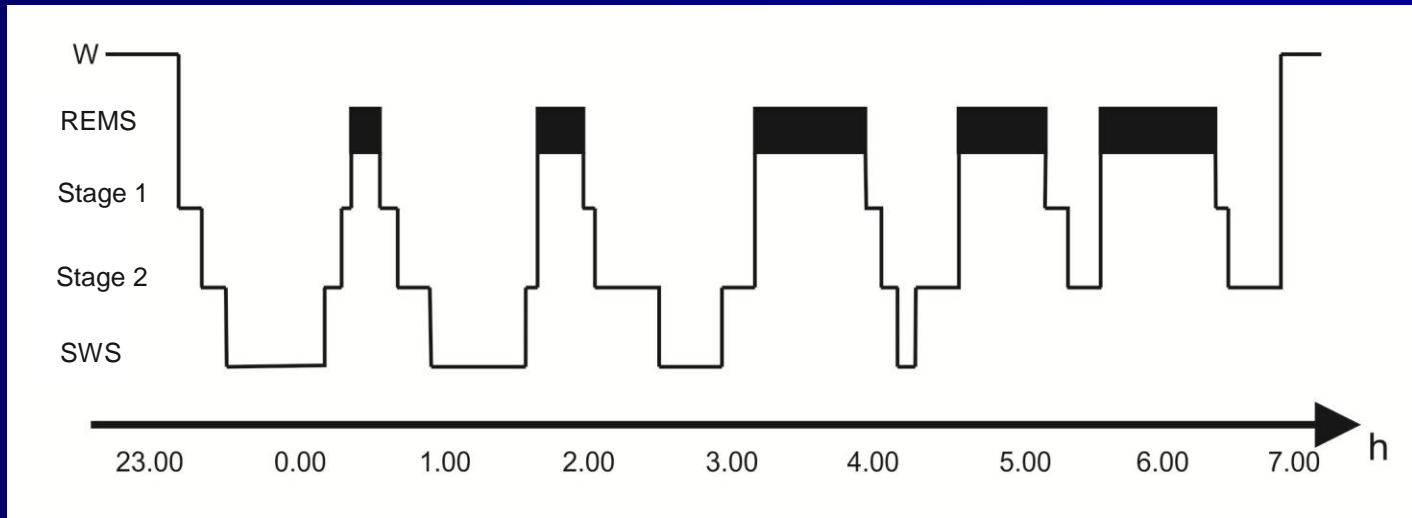
Slow wave sleep – 1/2 to 2 cps – delta waves >75 μ V



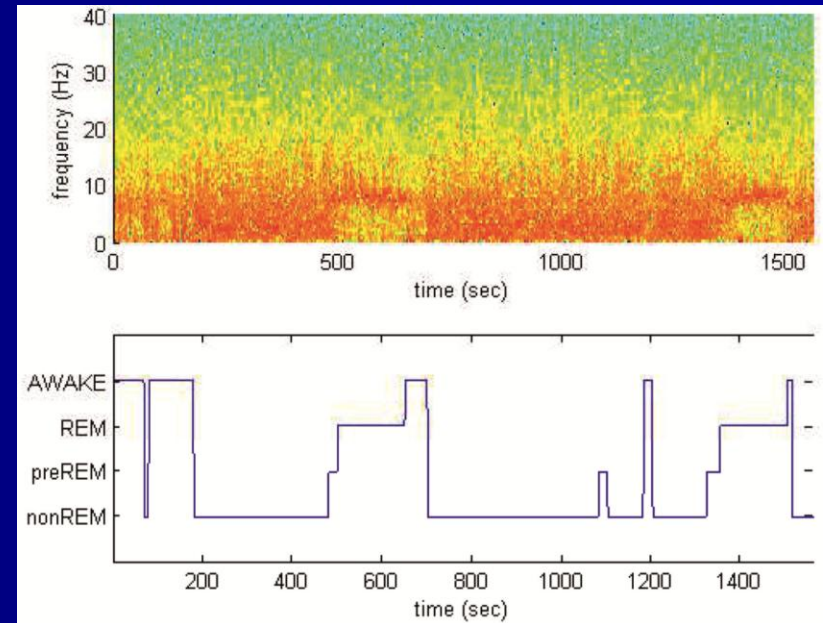
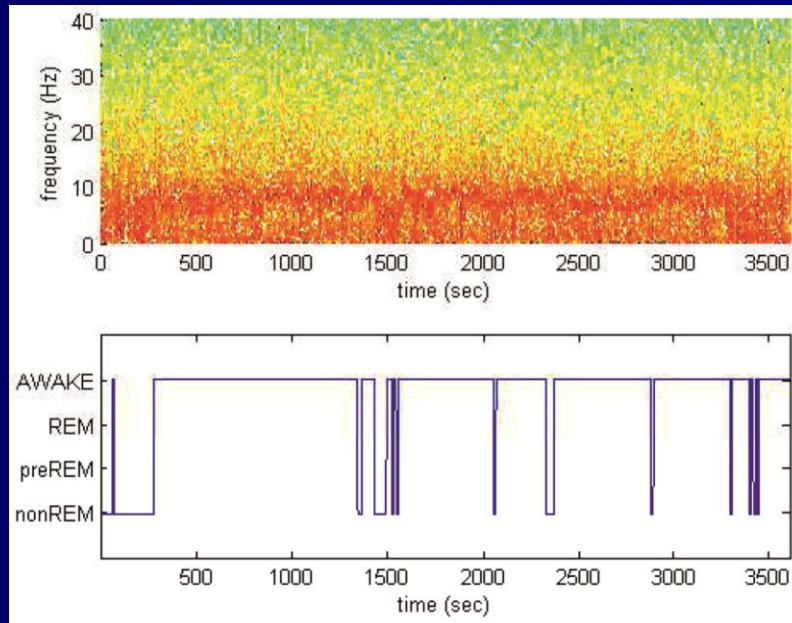
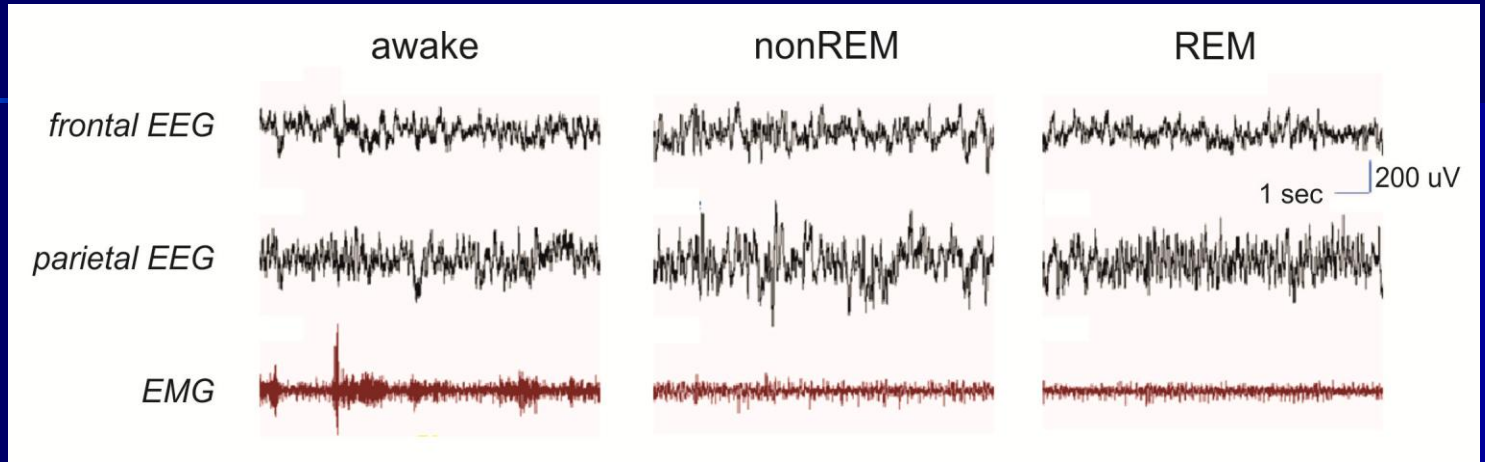
REM Sleep – low voltage – random, fast with sawtooth waves



Hypnogram



Spánek u laboratorních myší

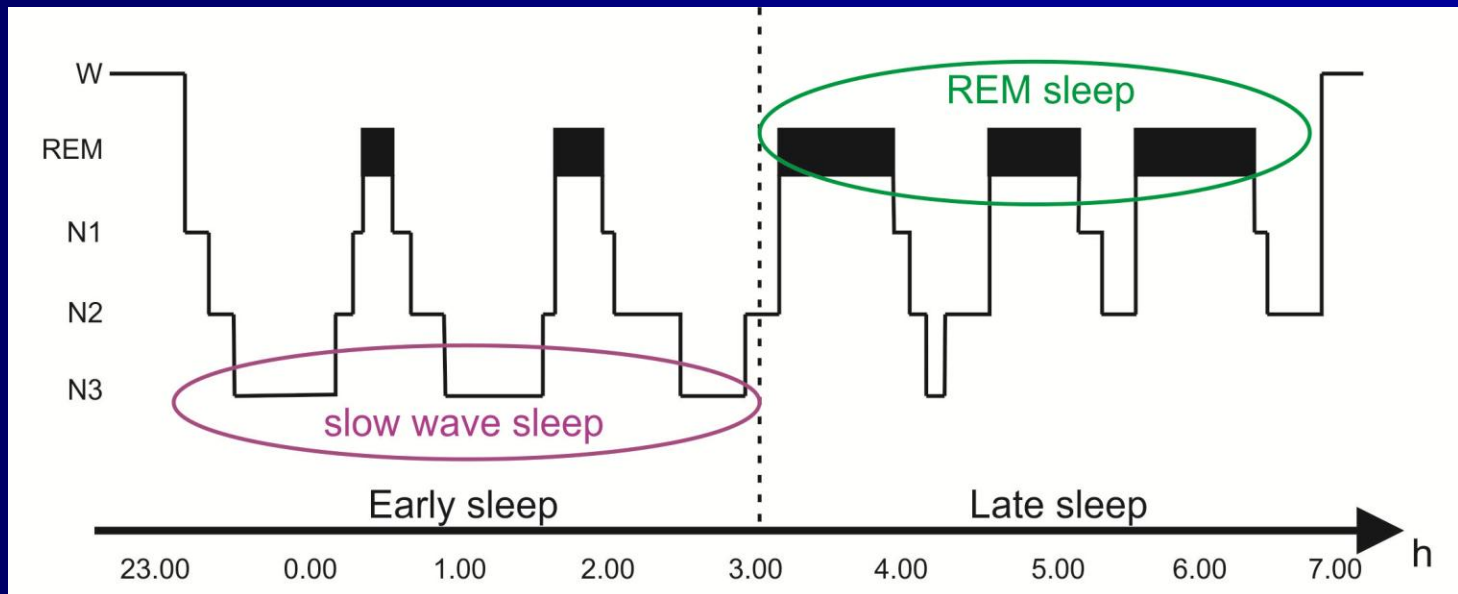


Role spánku při konsolidaci paměti

Behaviorální studie

Spánek posiluje paměť

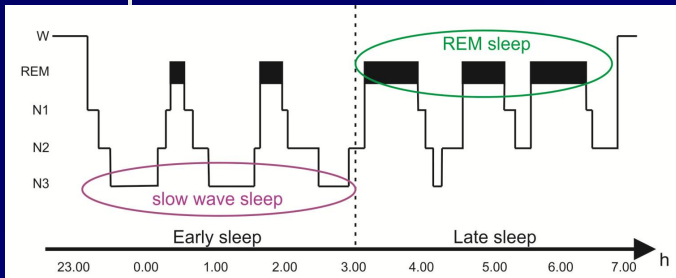
Specifická role spánku pomalých vln a REM spánku



Učení asociací mezi páry slov – deklarativní paměť

Obkreslování v zrcadle – procedurální paměť

Specifická role spánku pomalých vln a REM spánku při konsolidaci paměti

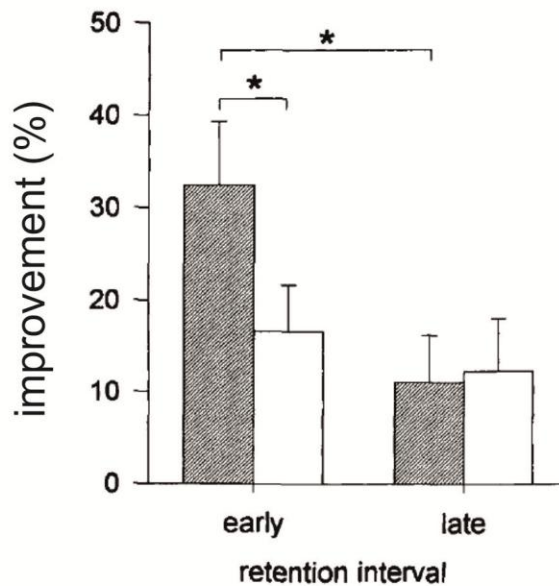


První polovina noci

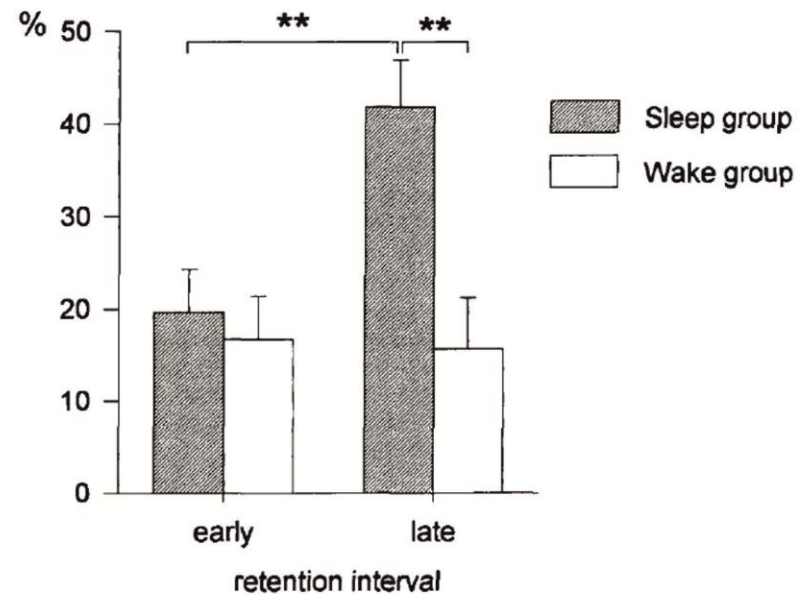
– posílení deklarativní paměti

Druhá polovina noci

– posílení procedurální paměti



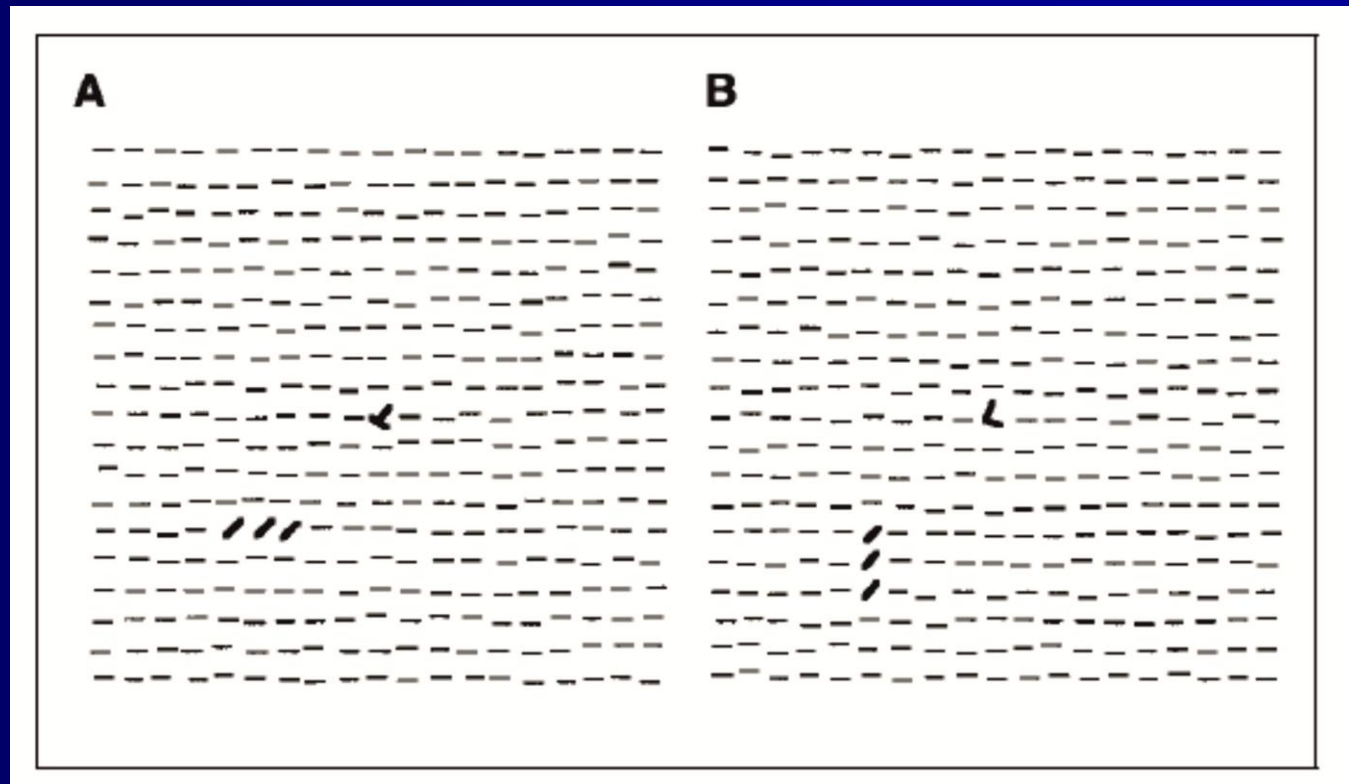
Paired-associate list



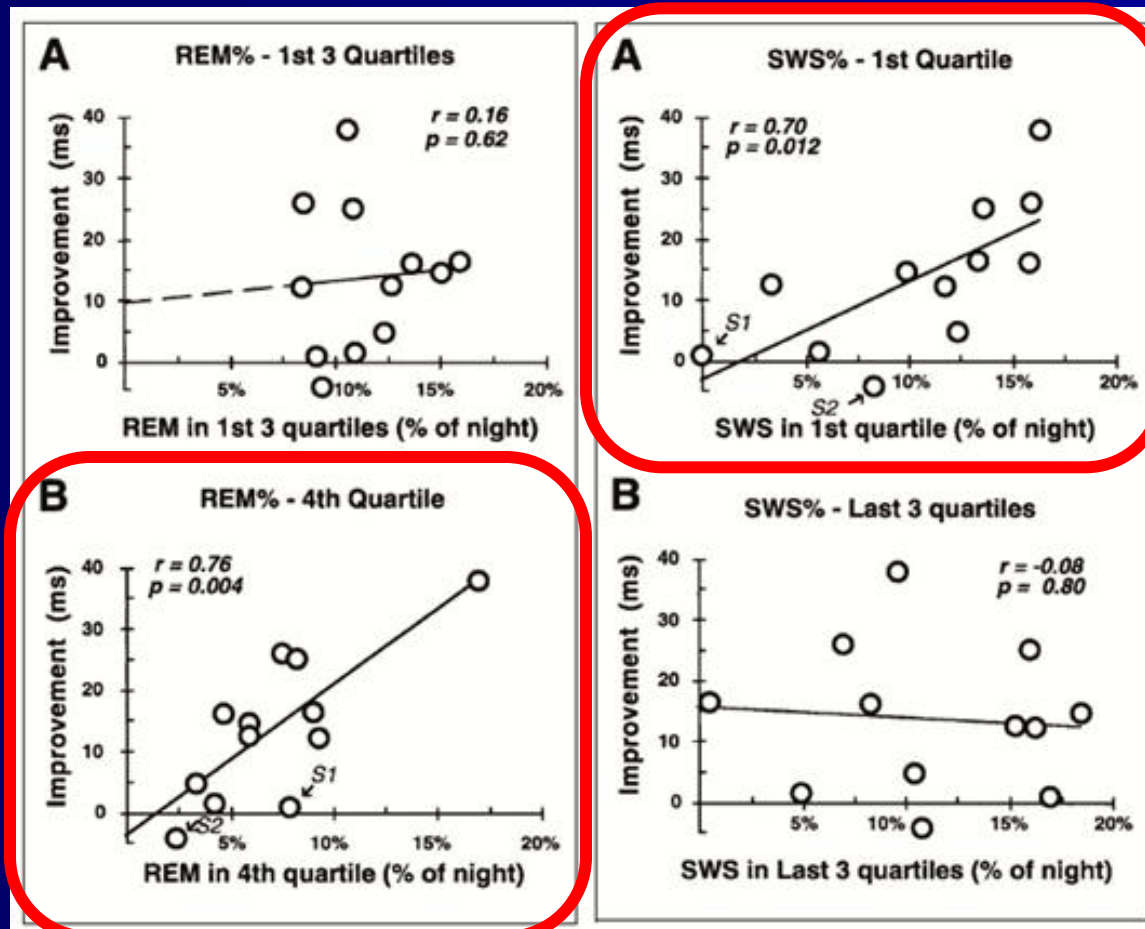
Mirror tracing

Důležitost interakce mezi spánkem pomalých vln a REM spánkem při konsolidaci paměti

Úkol vizuální diskriminace

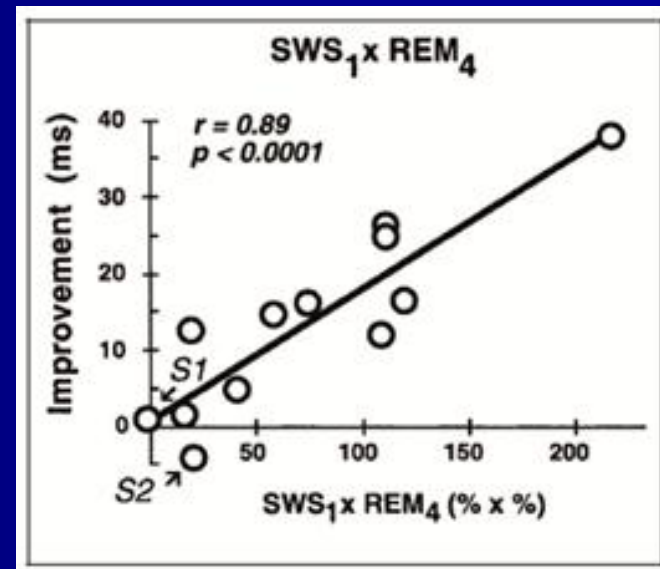
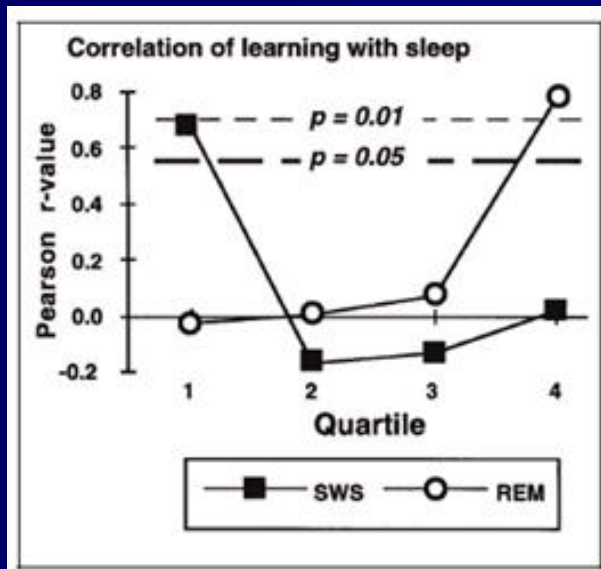


Důležitost interakce mezi spánkem pomalých vln a REM spánkem při konsolidaci paměti

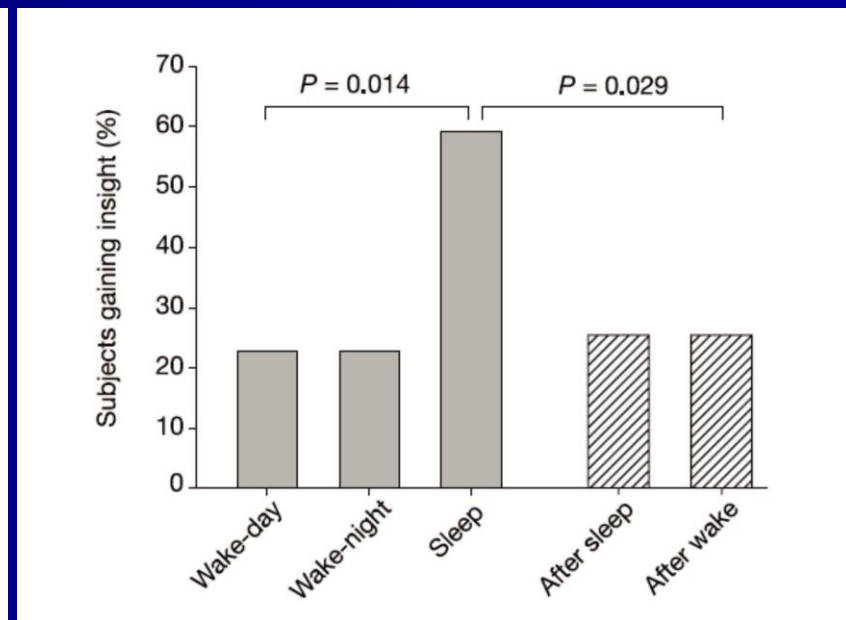
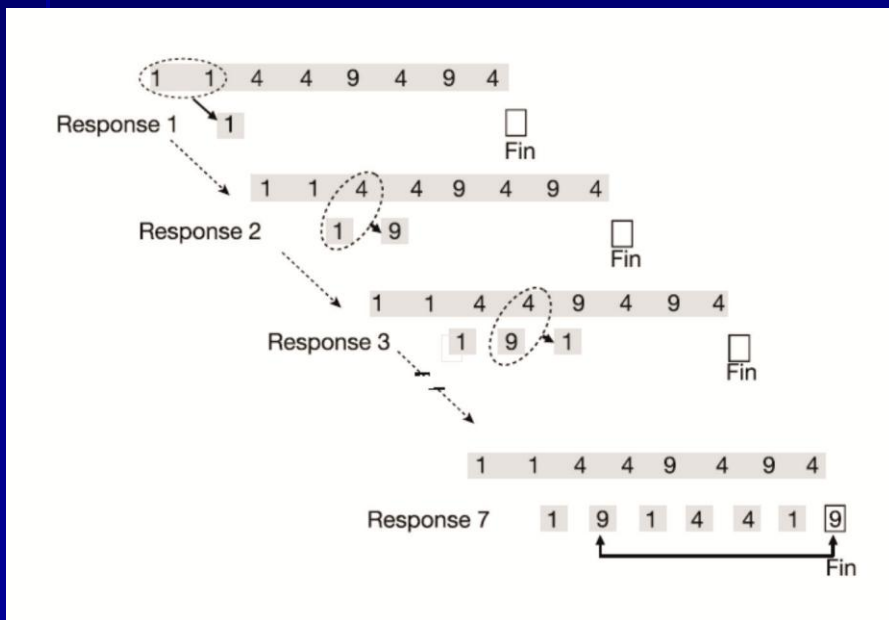


Důležitost interakce mezi spánkem pomalých vln a REM spánkem při konsolidaci paměti

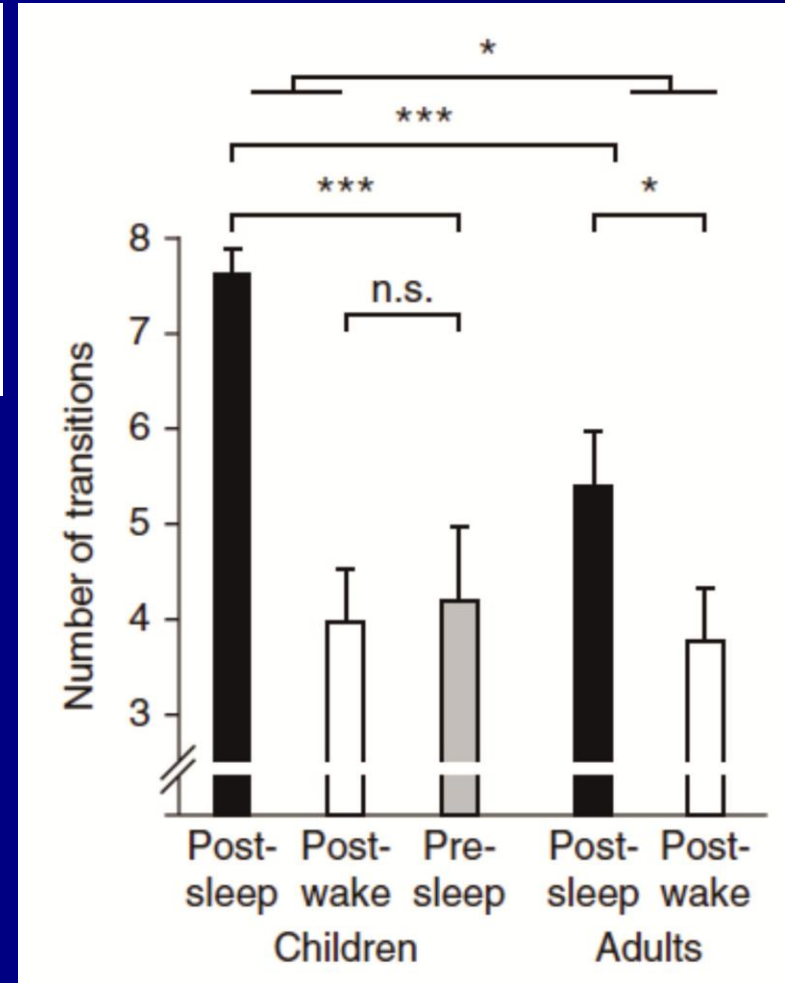
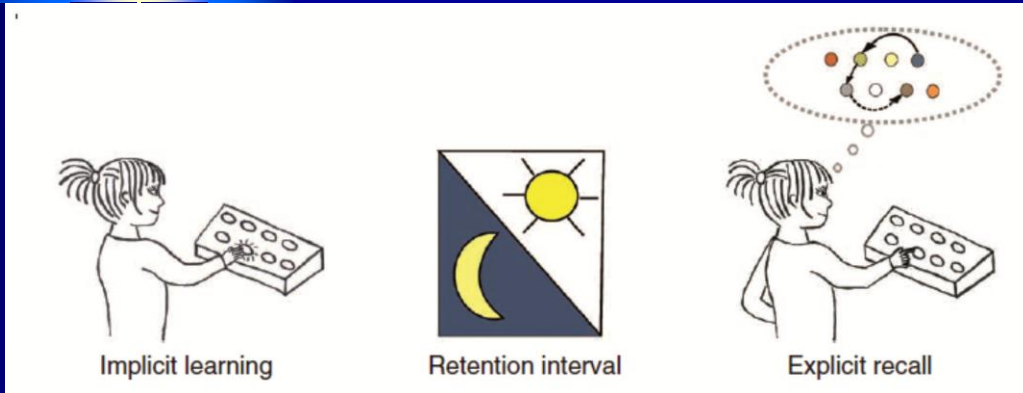
Zlepšení v úloze vizuální diskriminace korelovalo s množstvím spánku pomalých vln v první čtvrtině noci a množstvím REM spánku v poslední čtvrtině noci.



Spánek pomáhá odhalení skrytých řešení v početních úkolech



Spánek pomáhá odhalení skrytých pravidel – při přeměně implicitní znalosti na explicitní



Role spánku při konsolidaci paměti – behaviorální studie

SHRNUTÍ

Spánek pomalých vln podporuje konsolidaci epizodické paměti.

REM spánek podporuje konsolidaci procedurální paměti a emoční paměti.

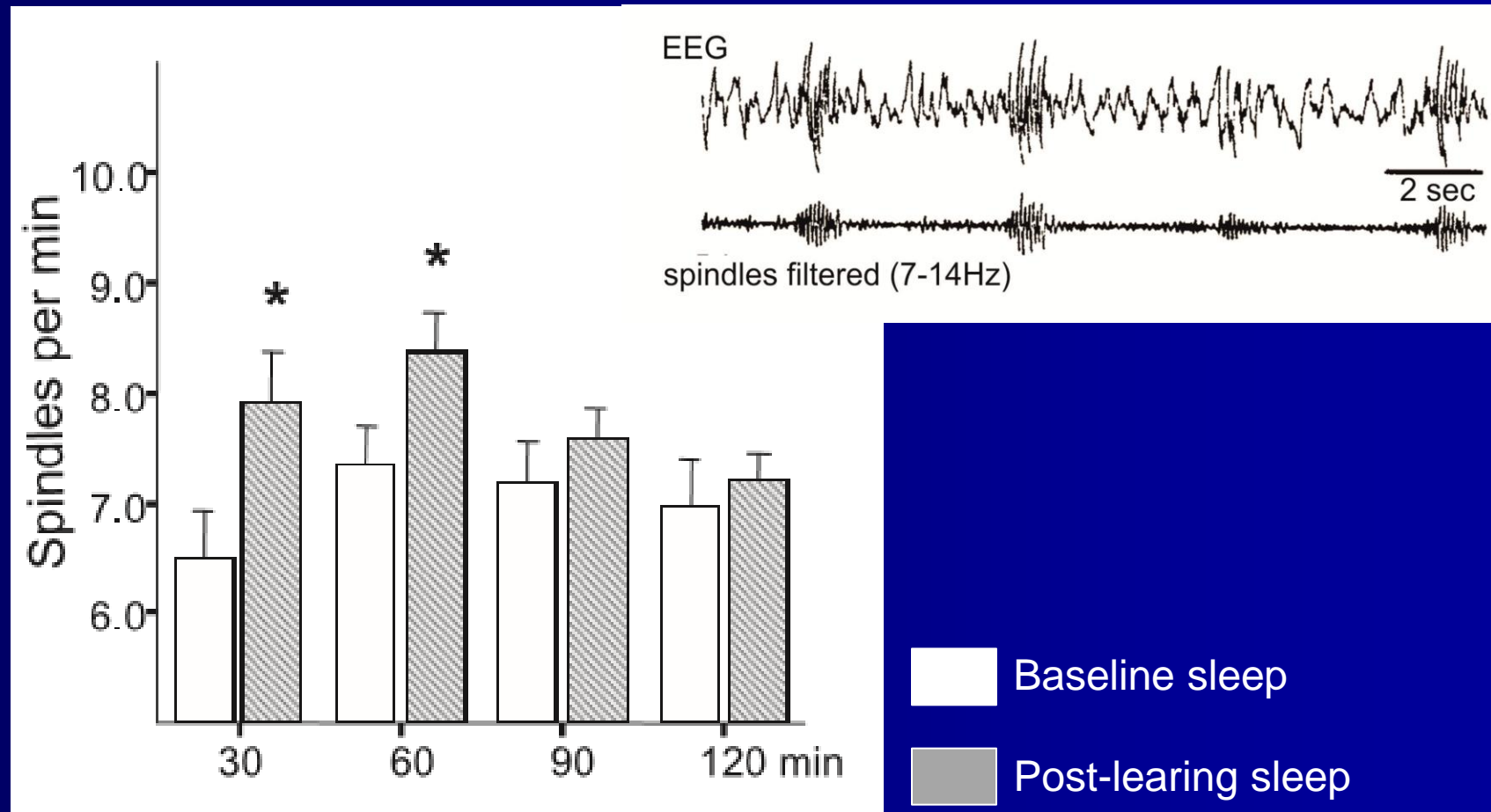
Spánek pomáhá organizovat paměť – odhaluje skryté zákonitosti v naučeném materiálu

Role spánku při konsolidaci paměti

Možné mechanismy

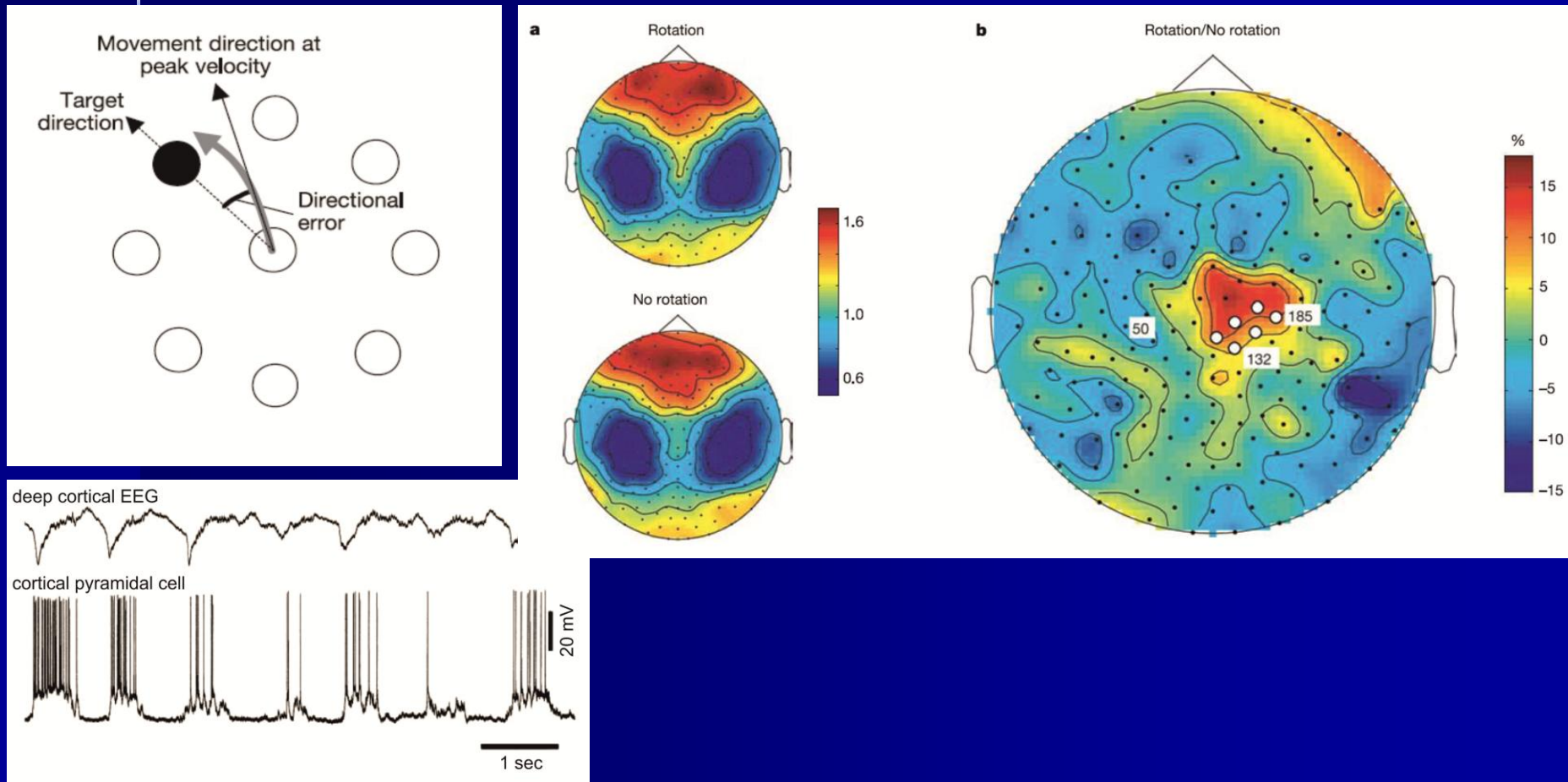
Hustota spánkových vřetének vzrůstá po učení

Odor-reward association task

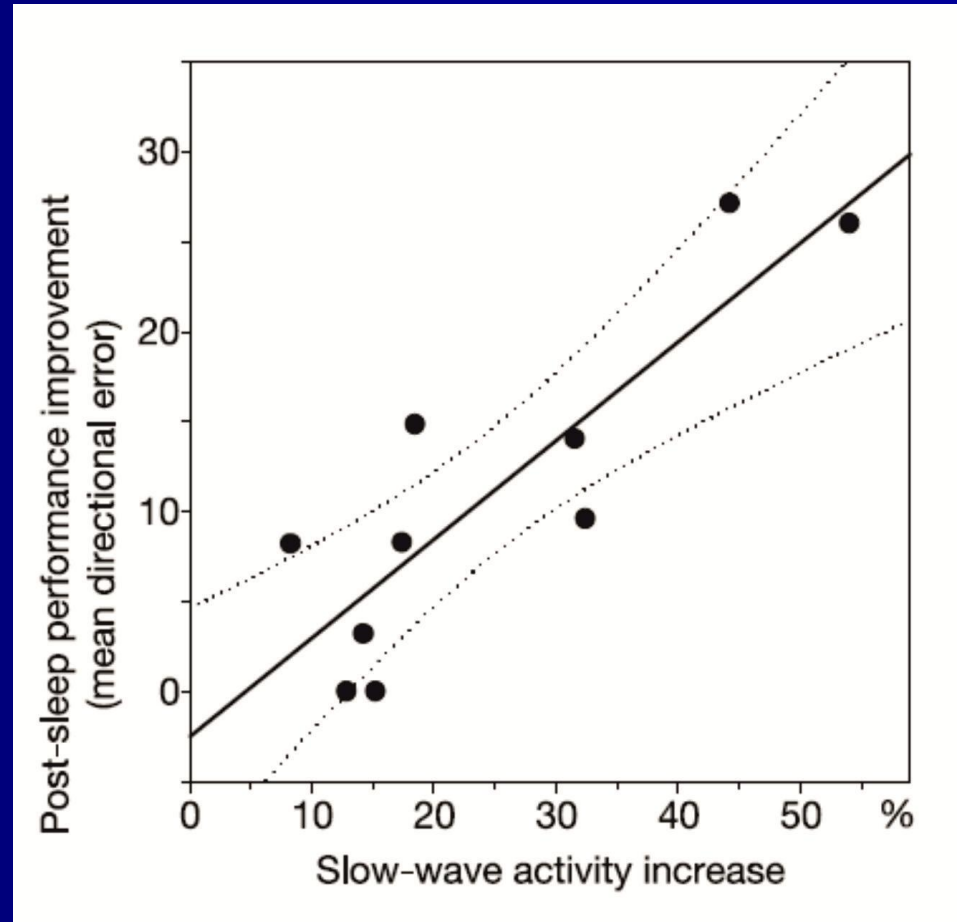
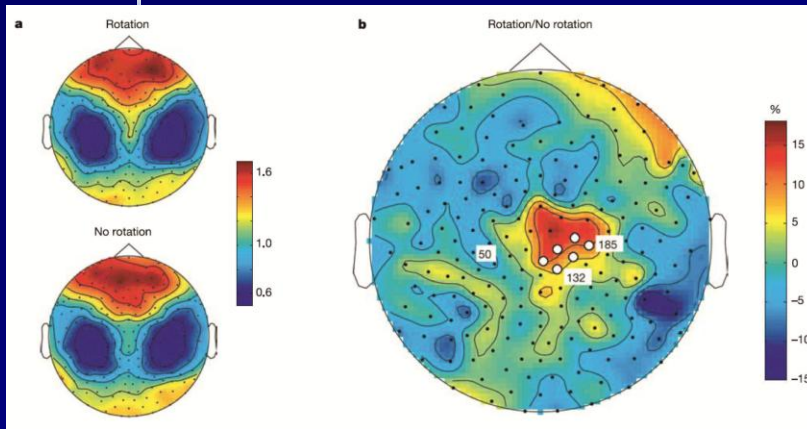


Eschenko et al., 2006

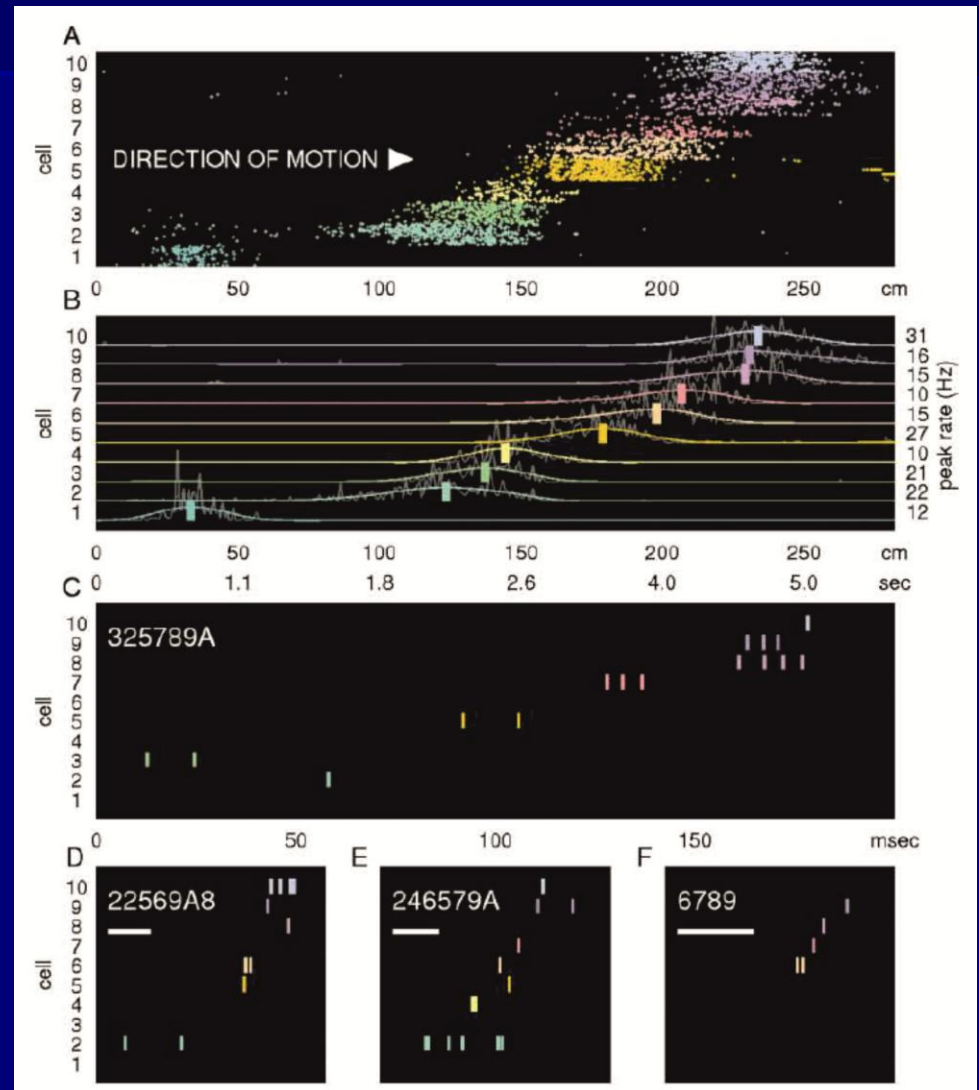
Amplituda pomalých vln vzrůstá po učení, specificky v oblastech kůry, které se podílely na učení



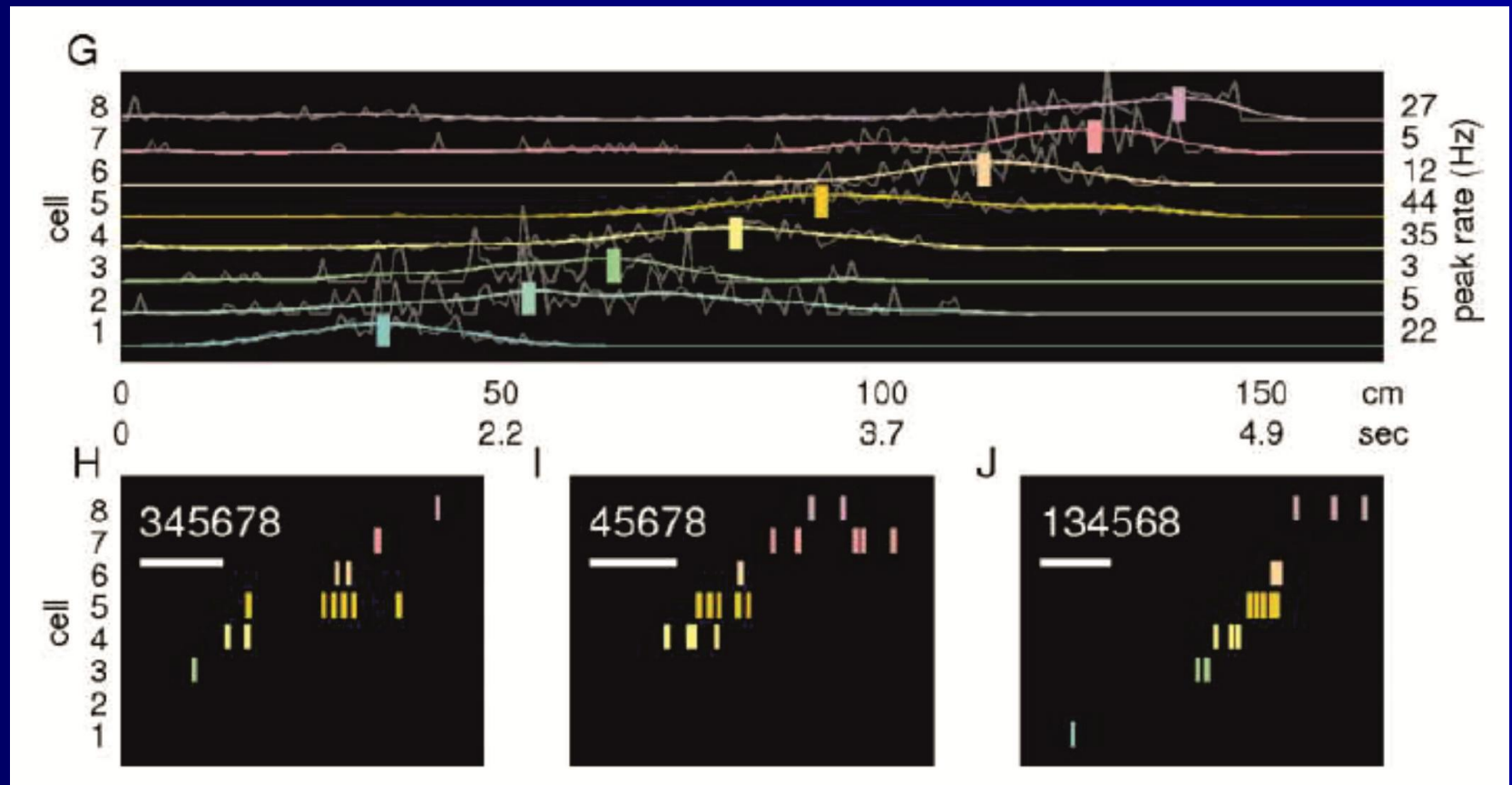
Nárůst aktivity pomalých vln koreluje se zlepšeným učením



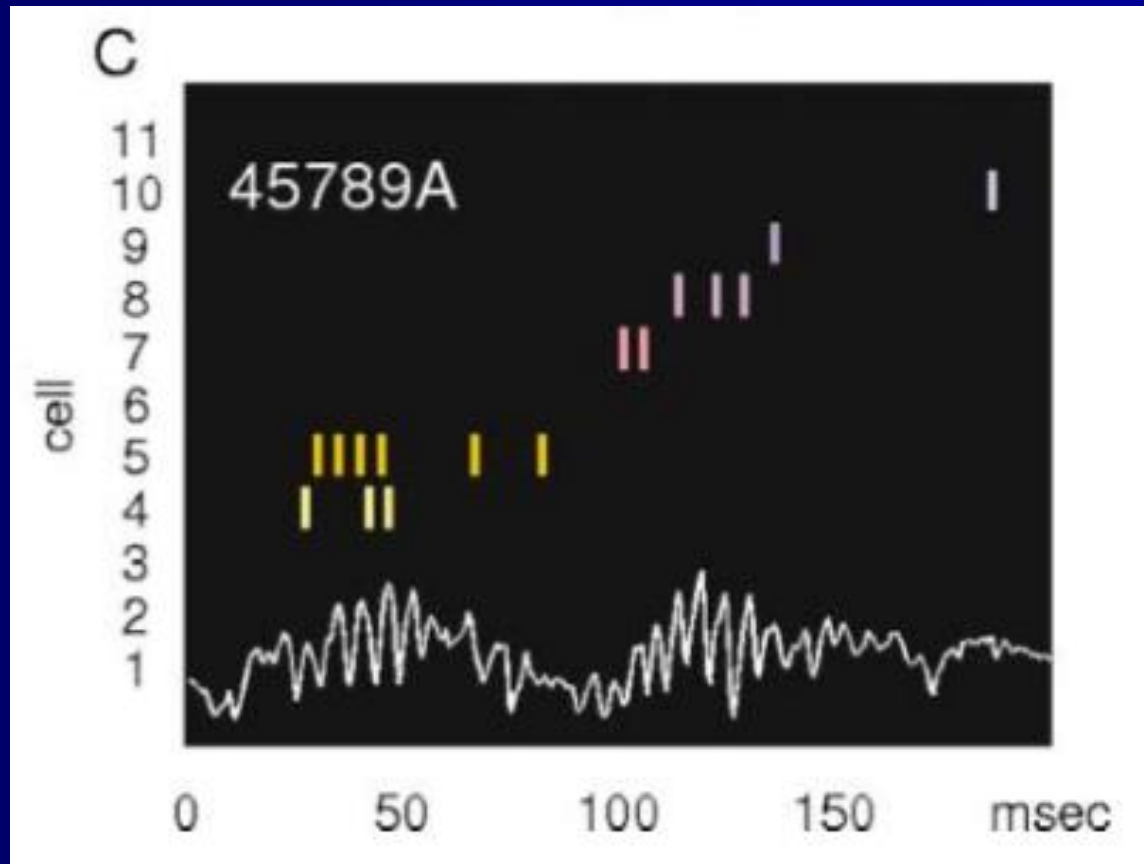
Přehrávání (replay) naučené neuronové aktivity během non-REM spánku



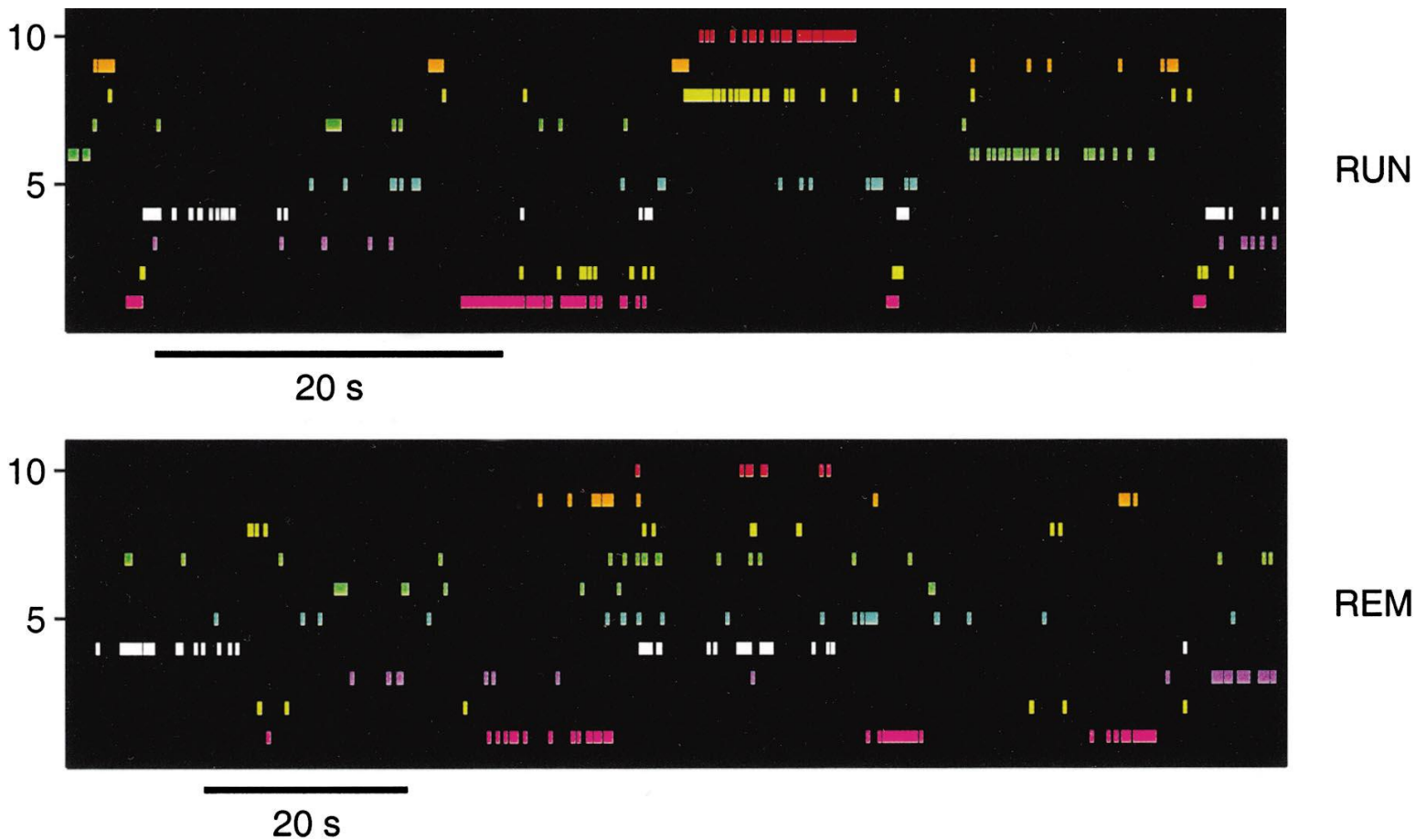
Přehrávání naučené neuronové aktivity během non-REM spánku



Přehrávání (replay) se odehrává v průběhu hipokampálních ripples

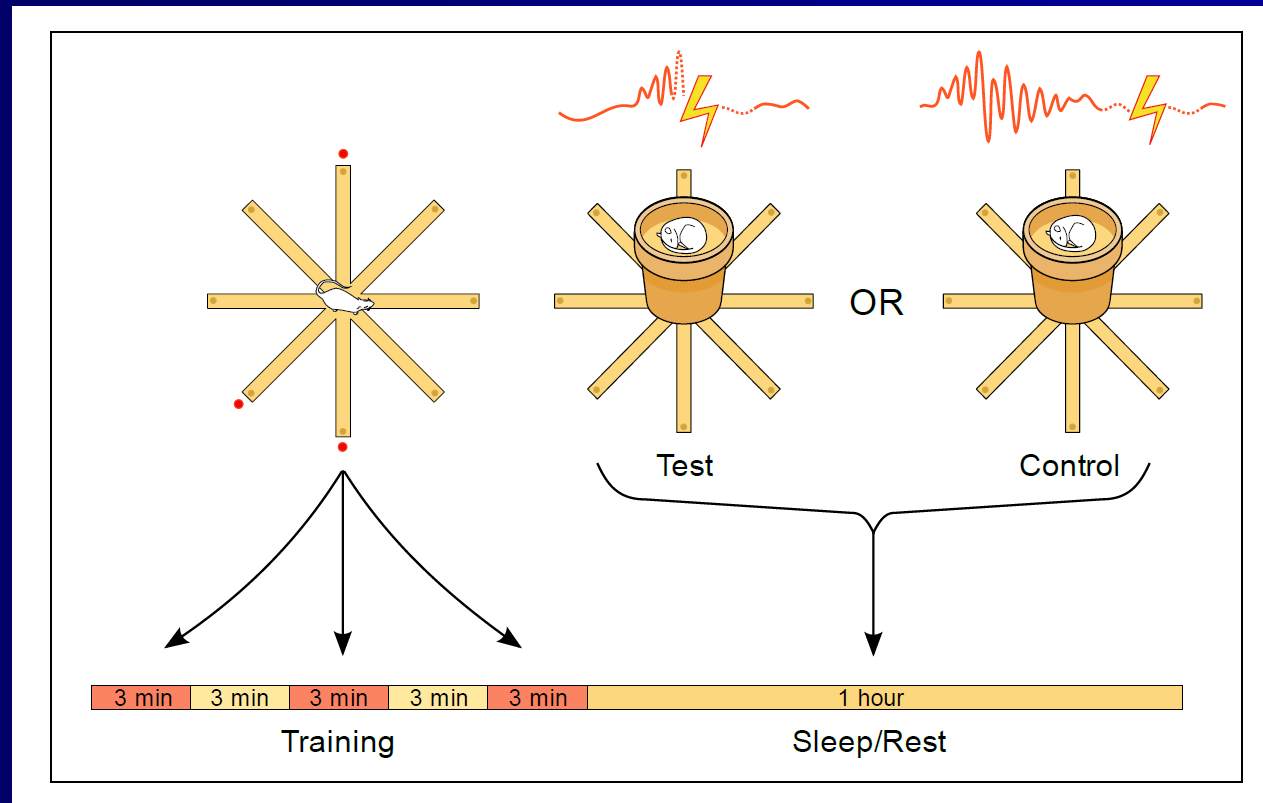


Přehrávání naučené neuronové aktivity během REM spánku



Blokování hipokampálních ripples zpomaluje na hipokampu závislé učení

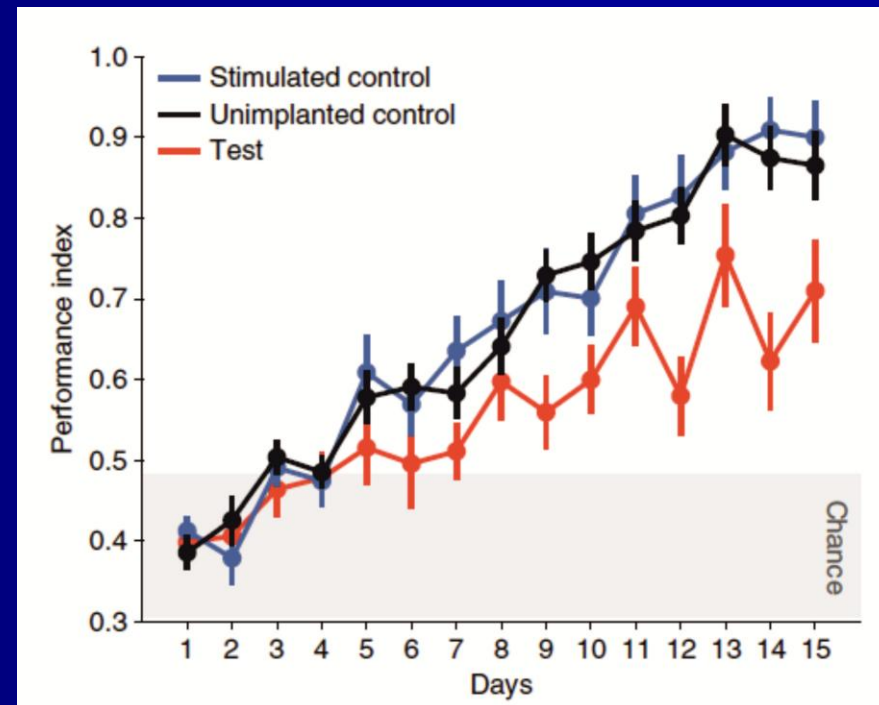
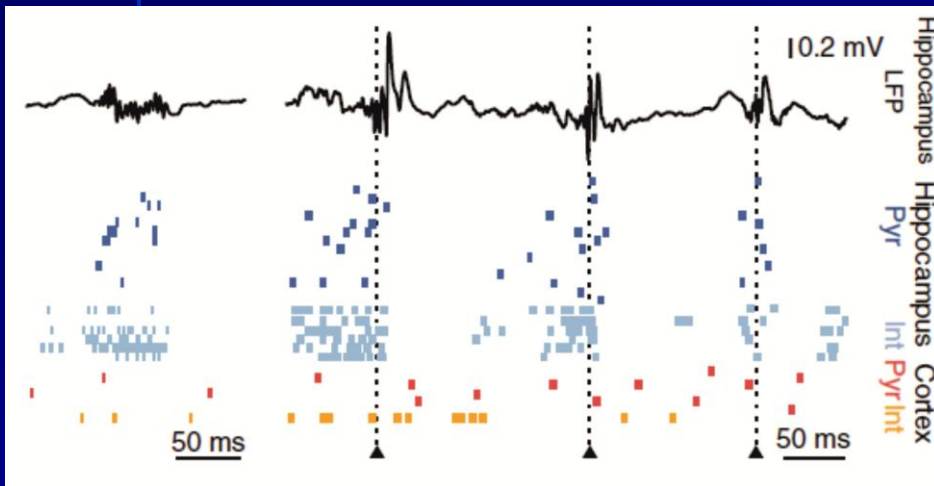
Experimentální postup:



Girardeau et al., 2009

Blokování hipokampálních ripples zpomaluje na hipokampu závislé učení

Výsledky:



Hypotéza aktivní konsolidace během spánku

Spánek pomalých vln – systémová konsolidace, přenos informace z hipokampu do neokortexu

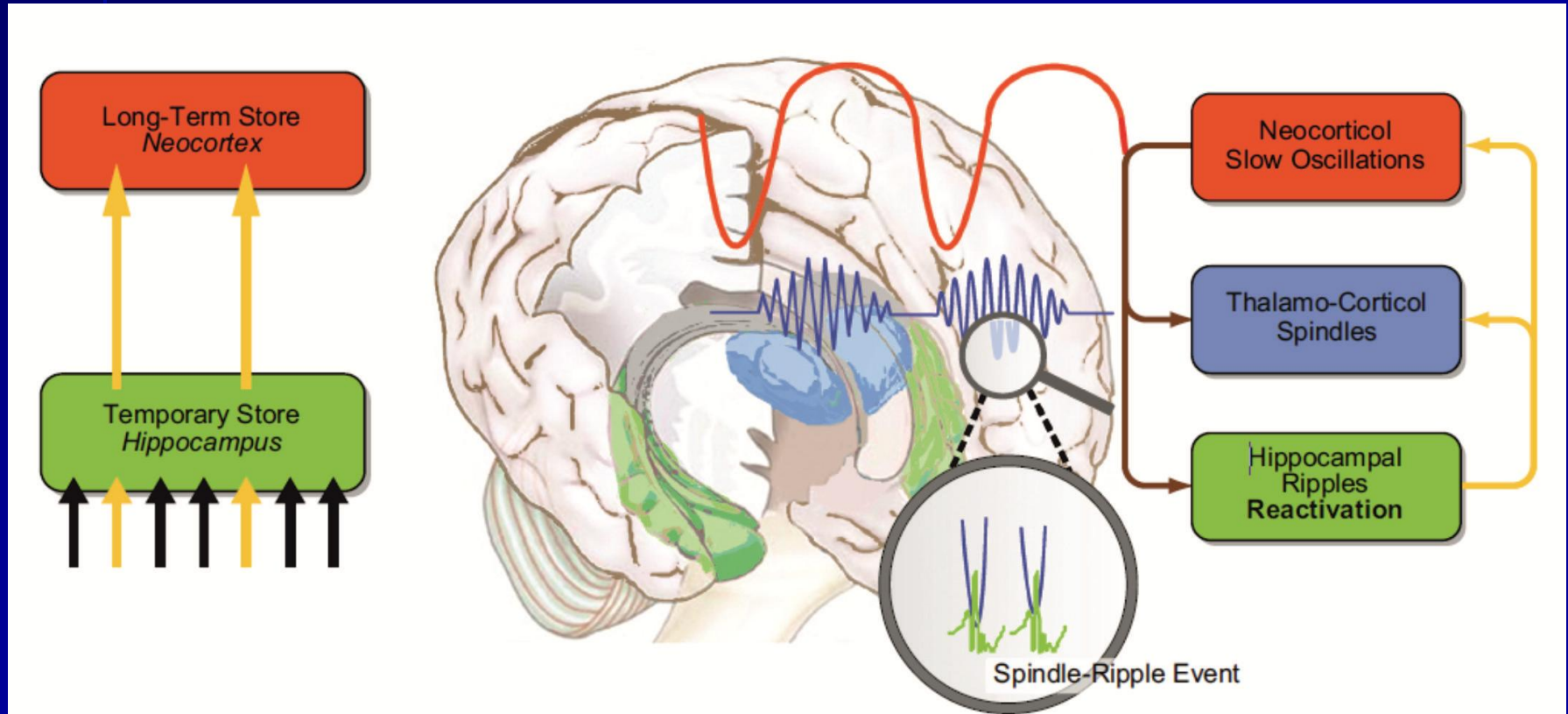
REM spánek – synaptická konsolidace: lokální posílení synapsí

(Jan Born, Univerzita Tuebingen)

Schema spánkových procesů, které vedou k systémové konsolidaci

Spánek pomalých vln – systémová konsolidace, přenos informace z hipokampu do neokortexu

REM spánek – synaptická konsolidace: lokální posílení synapsí



Role spánku při konsolidaci paměti – možné mechanismy

SHRNUTÍ

Množství a amplituda pomalých vln a spánkových vřetének vzrůstají po učení.

Přehrávání (replay) neuronové aktivity během spánku - potenciální mechanismus konsolidace.

Komunikace mezi hipokampem a neokortexem zprostředkovaná spánkovými vřeténky a hipokampovými „ripples“ může hrát roli v systémové konsolidaci.

Hypotéza synaptické homeostázy

Během bdění, když se zvíře učí, dochází k posilování synapsí.

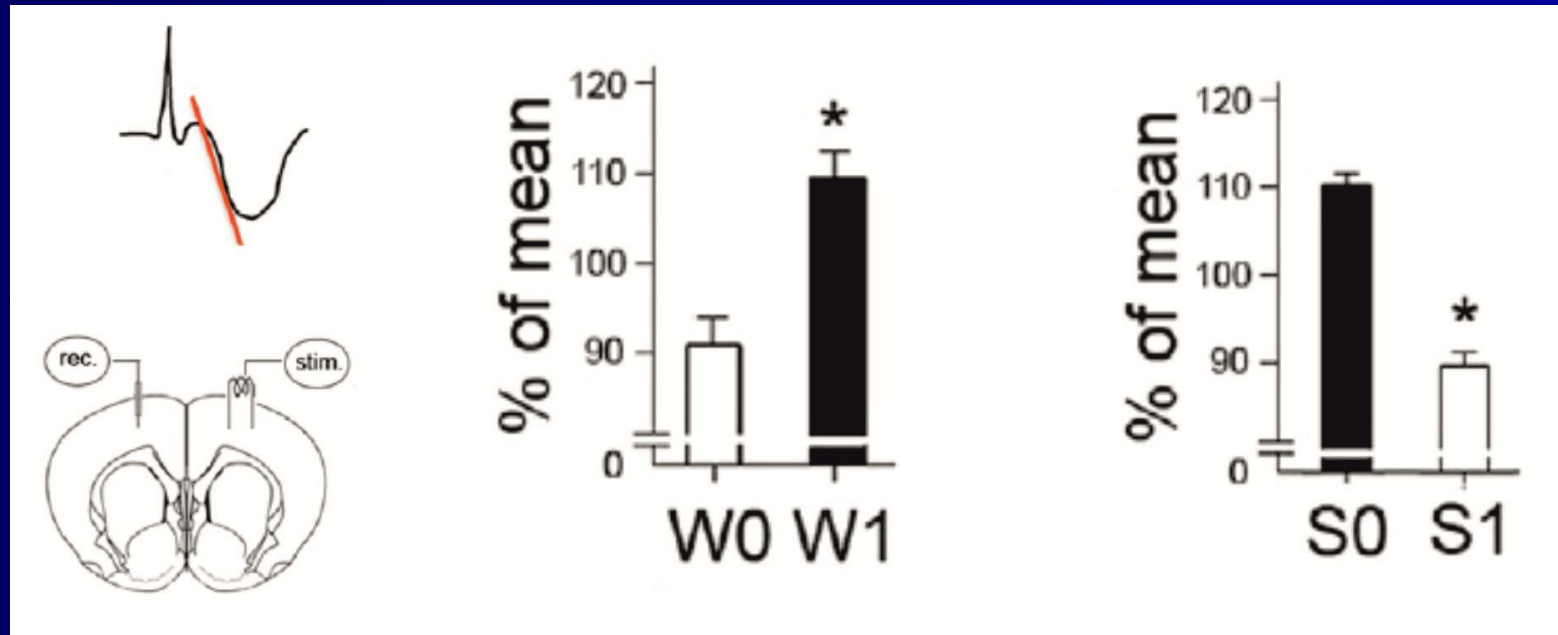
Toto posilování synapsí musí být vyváženo synaptickým oslabováním, ke kterému dochází během spánku.

(Tononi a Cirelli, University of Wisconsin, Madison)

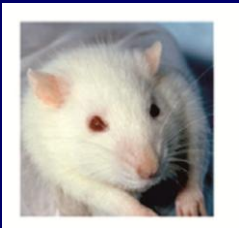
Hypotéza synaptické homeostázy



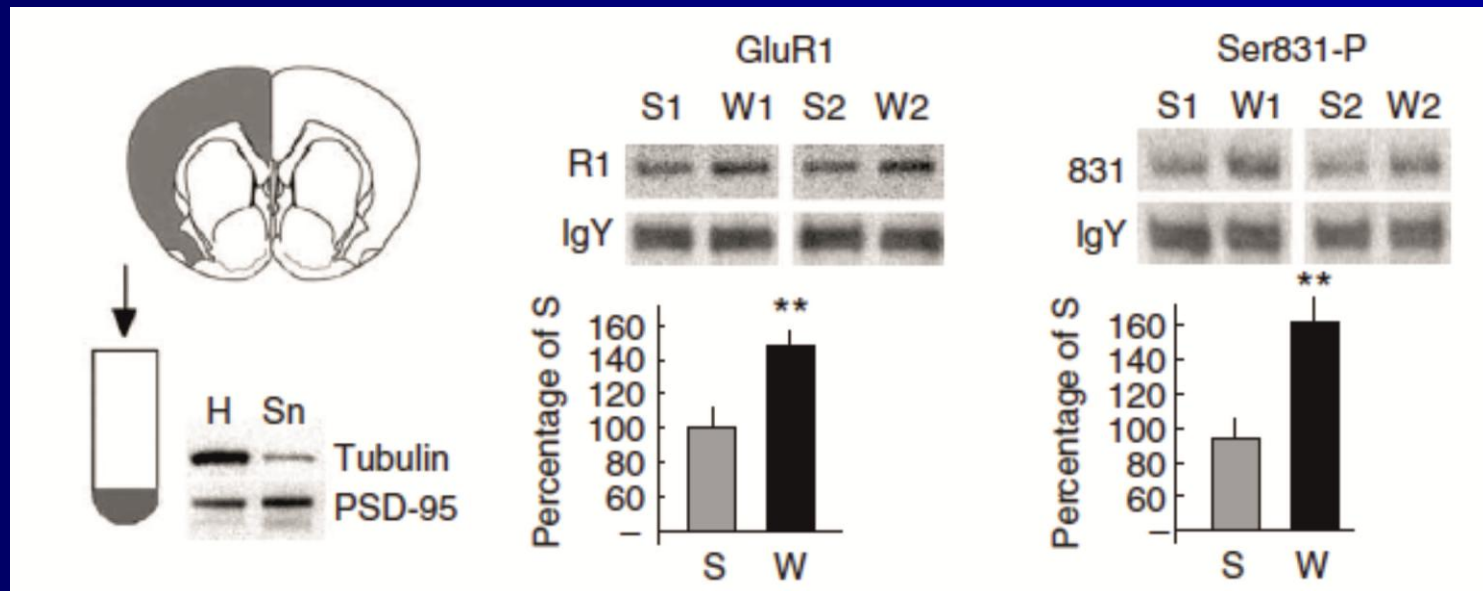
Korové evokované odpovědi narůstají během bdění a klesají během spánku



Hypotéza synaptické homeostázy

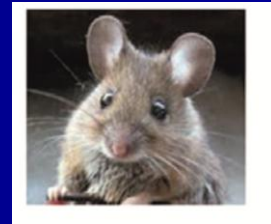
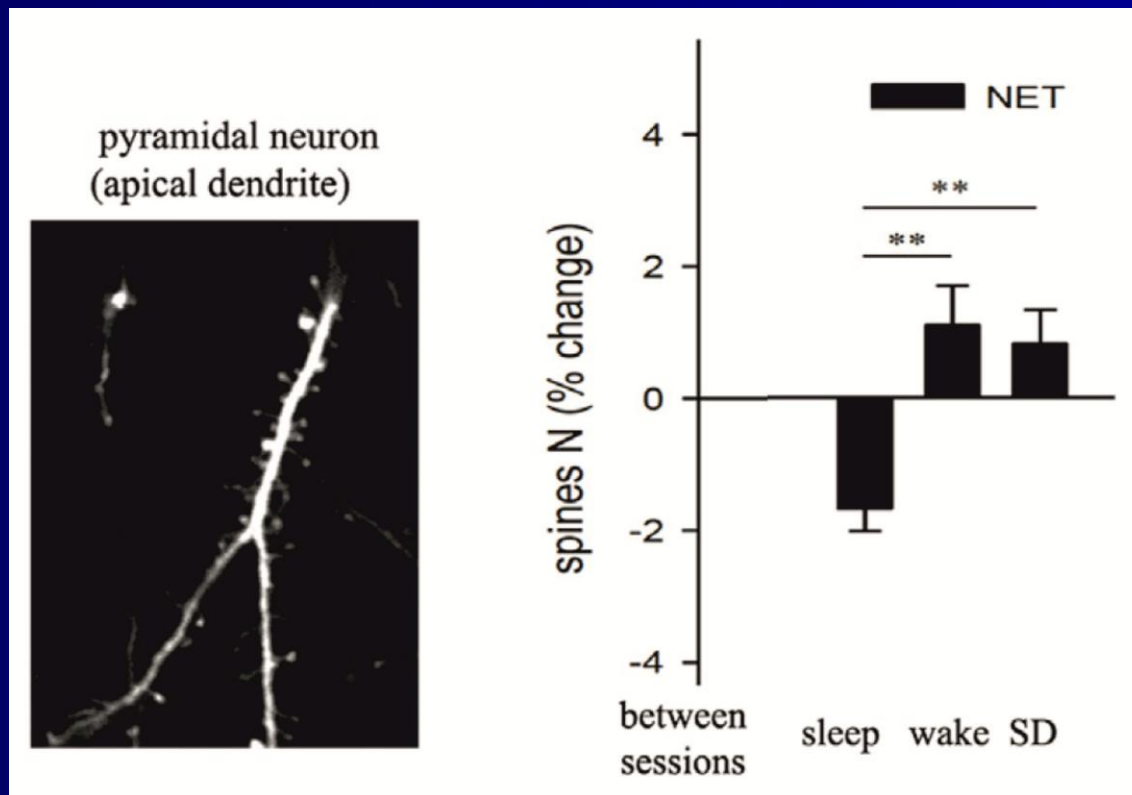


Expres a fosforylace AMPA glutamátových receptorů v synapsích vzrůstá během bdění a klesá ve spánku.



Hypotéza synaptické homeostázy

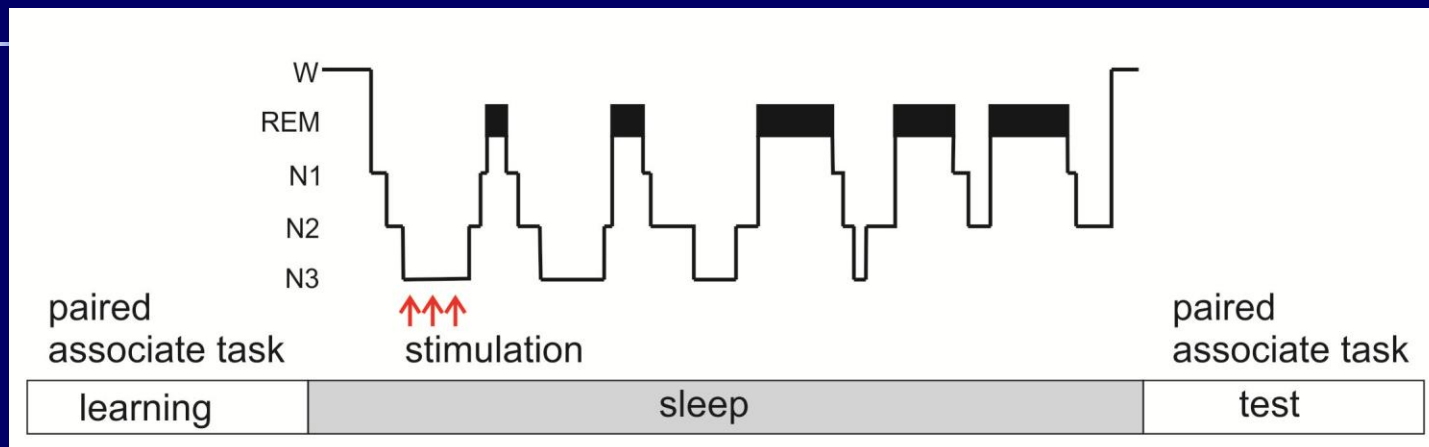
Množství (hustota) dendritických trnů u kortikálních neuronů vzrůstá během bdění a klesá během spánku.



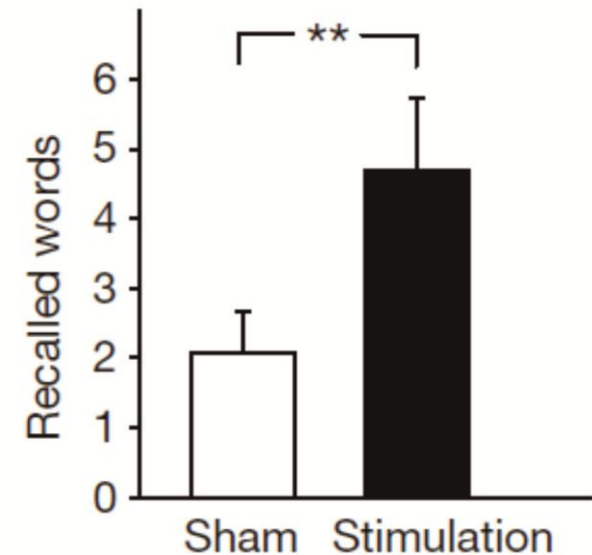
Tononi & Cirelli,
2014

Manipulace učení během spánku

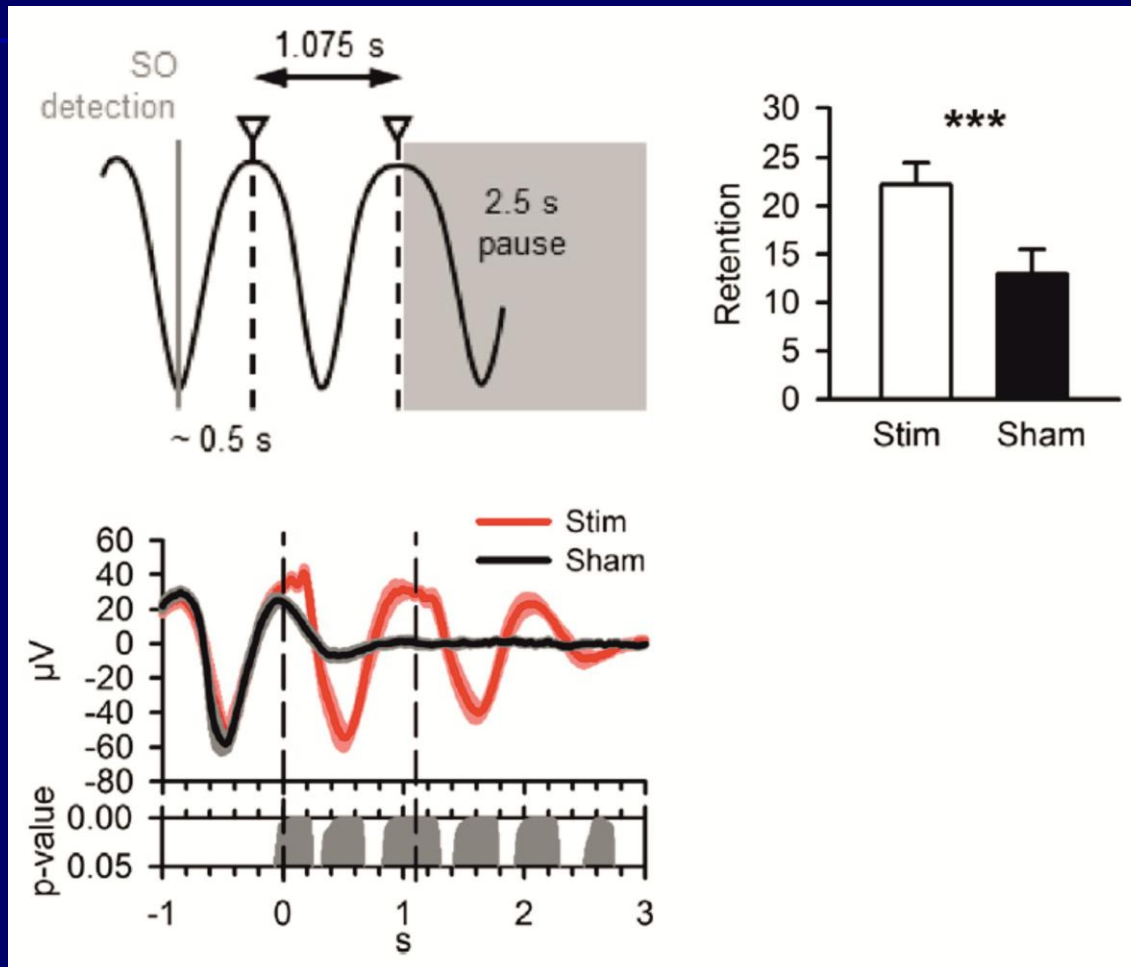
Stimulace s frekvencí pomalých vln (0.75 Hz) během spánku zlepšuje konsolidaci deklarativní paměti



Elektrická transkraniální stimulace také prodlužuje spánek pomalých vln, posiluje pomalé vlny a zvyšuje množství spánkových vřetének.

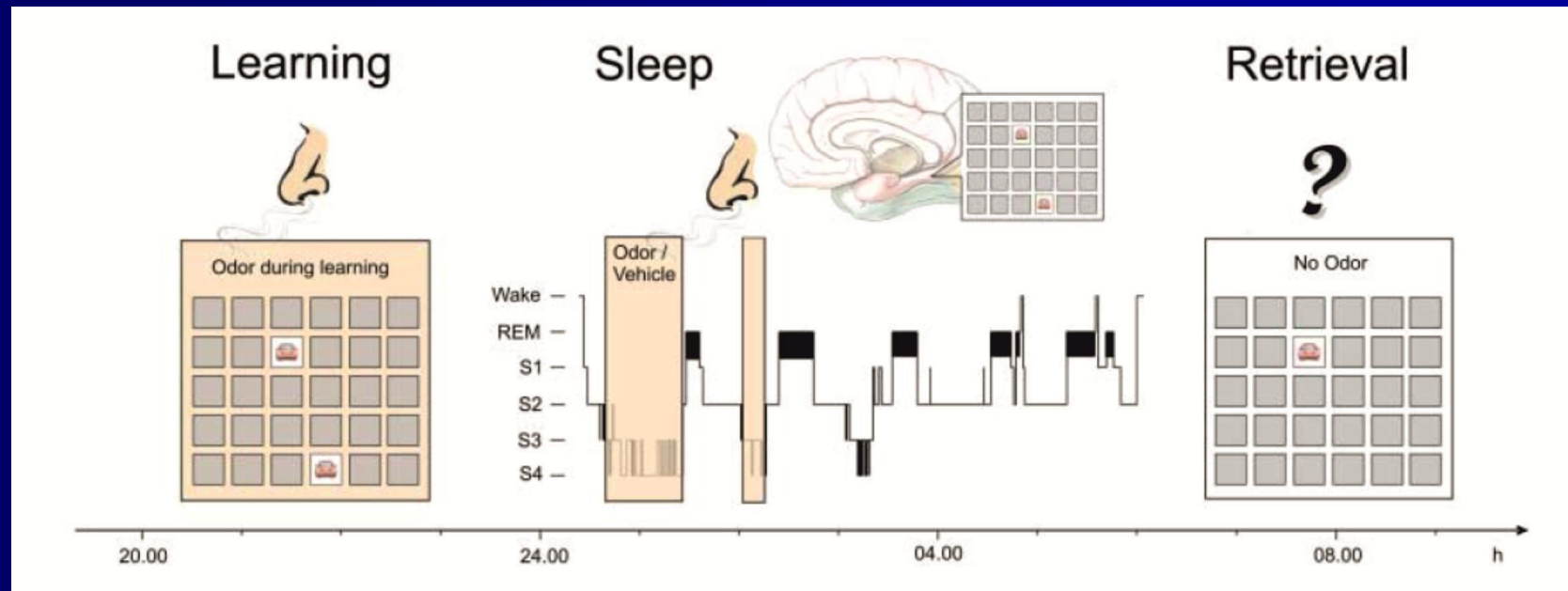


Akustická stimulace s frekvencí pomalých vln během spánku zlepšuje konsolidaci deklarativní paměti



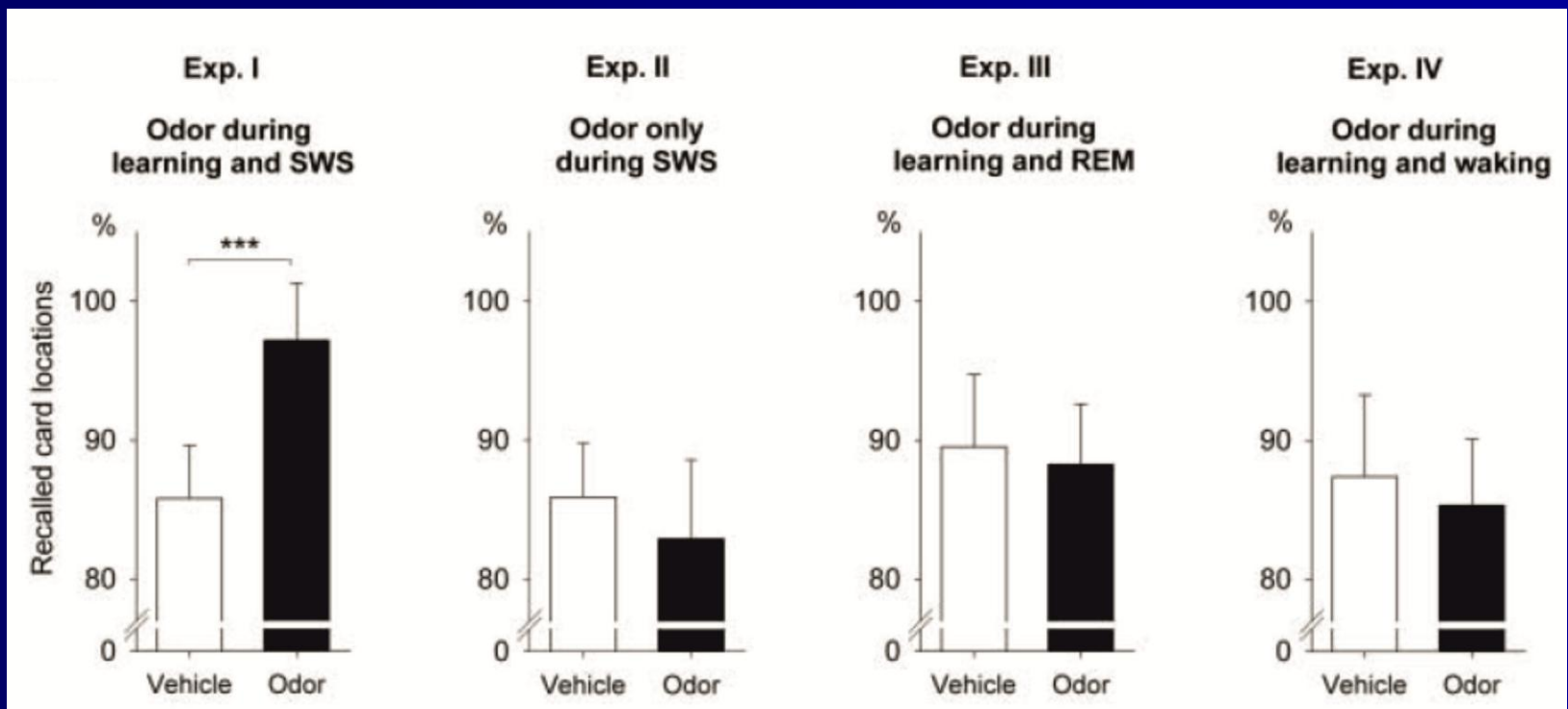
Čichový podnět spojený s učením specificky zlepšuje konsolidaci paměti během spánku

Experimentální postup:

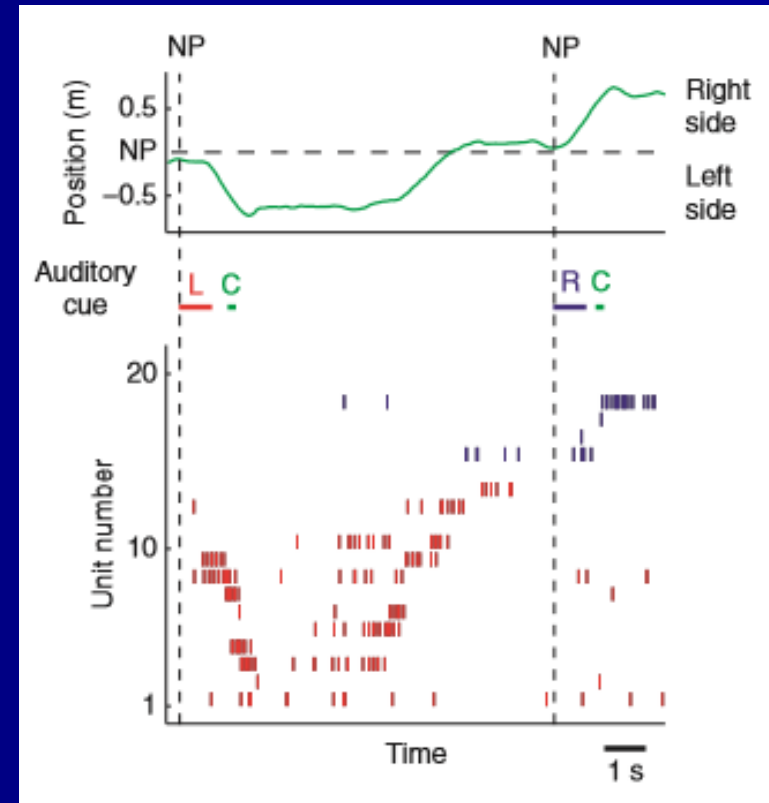
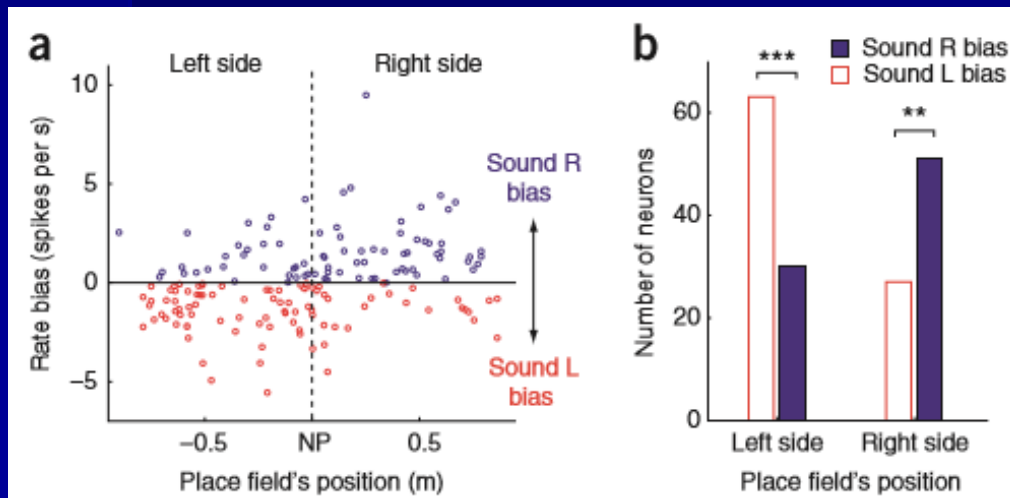
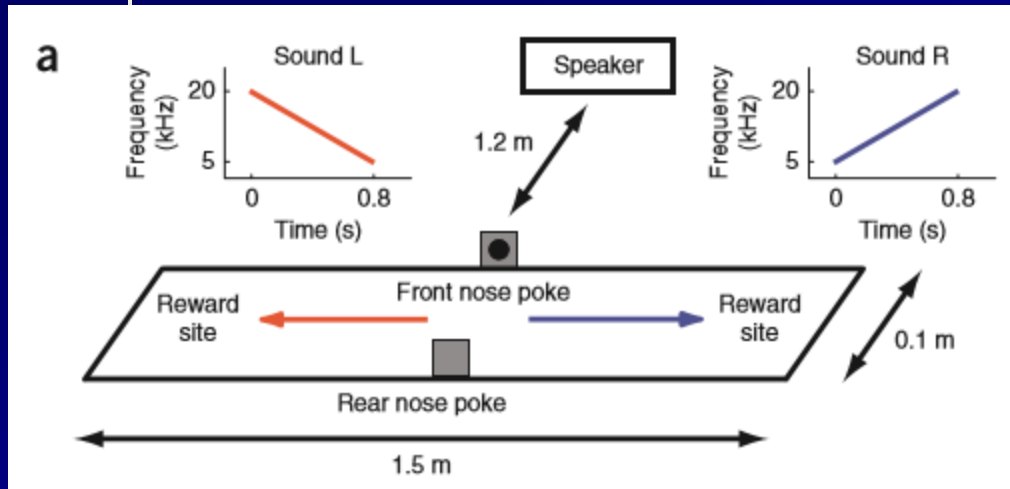


Čichový podnět spojený s učením specificky zlepšuje konsolidaci paměti během spánku

Výsledky:

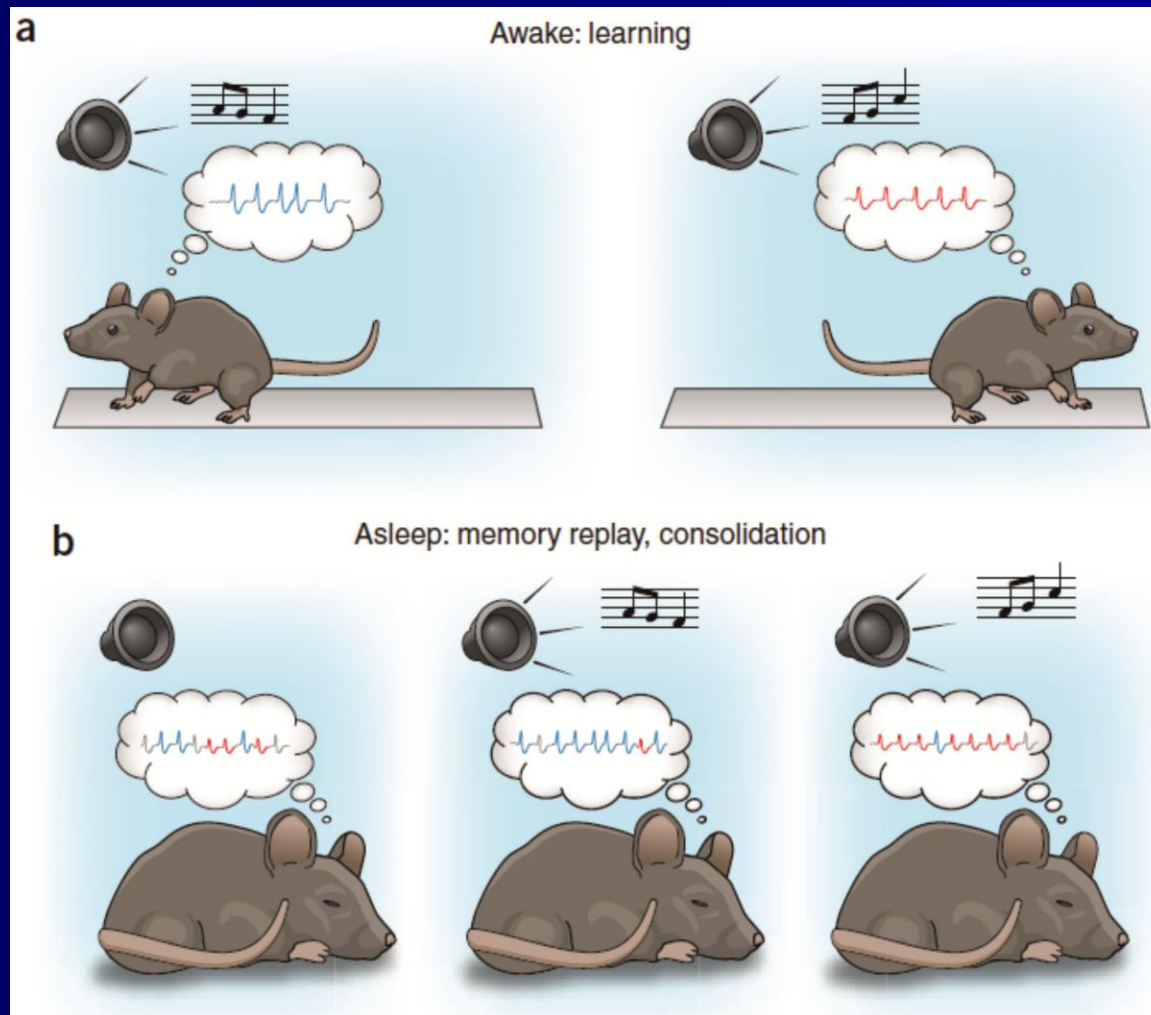


Podnět asociovaný v bdělém stavu s určitou částí prostředí specificky zvyšuje pravděpodobnost přehrávání hipokampální aktivity během spánku.



Bendor & Wilson, 2012

Podnět asociovaný v bdělém stavu s určitou částí prostředí specificky zvyšuje pravděpodobnost přehrávání hipokampální aktivity během spánku.



Děkuji