

Abstrakt

U většiny neuronů je informace, kterou neuron předává, obsažena v časech vysílání elektrických impulzů - tzv. akčních potenciálů. Dosud není zcela jasné, jak tento "neuronový kód" číst. Hypotéza efektivního kódování předpokládá, že v důsledku evolučních tlaků se smyslové systémy vyvinuly tak, aby přenášely a zpracovávaly informace co nejefektivnějším způsobem. Zdá se však, že pojem efektivity se v různých smyslových systémech liší. Kortikální neurony udržují nízkou frekvenci vysílání akčních potenciálů, aby minimalizovaly metabolické náklady. Podobně to dělají i hmyzí čichové receptorové neurony (ORN, první vrstva čichového systému). Neurony v hmyzím tykadlovém laloku (druhá vrstva čichového systému) naopak plně využívají prostor možných frekvencí, aby zakódovaly maximum informací o pachu. Ve své diplomové práci jsem se zabýval tím, jak mohou jednotlivé korové neurony a jejich populace přenášet a zpracovávat informace při zachování nízkých metabolických nákladů a také tím, jak hmyzí čichový systém kóduje informace o paších, které se vyskytují ve vzduchu.

V části své práce věnující se metabolicky efektivnímu přenosu informace jsem se zaměřil především na roli inhibičních neuronů v efektivním přenosu informace. Pomocí matematické analýzy a simulací Monte Carlo modelů spikujících neuronů jsem ukázal, jak může vstup z pre-synaptických inhibičních neuronů snížit variabilitu post-synaptického neuronu přes jednotlivé pokusy, a zobecněním těchto výsledků na rekurentní neuronovou síť jsem ilustroval, jak může variabilita přes pokusy klesat s nástupem podnětu, což je jev známý jako zhasnutí neuronové variability. Informačně-teoretická analýza však ukázala, že vstup z inhibičních neuronů v podobě inhibiční zpětné vazby s nástupem podnětu přinese významné zlepšení metabolicky účinného přenosu informace pouze tehdy, pokud je informace přenášena populací rekurentně propojených neuronů, nikoliv jediným neuronem.

Abych pochopil obecné principy, kterými se řídí nervové kódování, zaměřil jsem se na nervovou aktivitu čichového systému hmyzu. Analyzoval jsem lokální polní potenciály (LFP) a aktivitu spikování hmyzích ORN stimulovaných novým zařízením pro doručování pachů, které je schopné časově přesně doručit podnět. Tyto nové záznamy ukázaly, že ORN můry jsou mnohem schopnější kódovat délku trvání podnětu, než se dosud předpokládalo. Ukázalo se, že vlastnosti ORN můry jsou velmi podobné vlastnostem většiny ORN octomilky, což umožňuje sjednotit výzkum na těchto druzích. Na základě záznamů LFP jsem zkonstruoval minimální model ORN můry, který spolehlivě popisuje její aktivitu, přičemž využívá pouze několik interpretovatelných parametrů.

Jednoduchý a přenositelný model, který dokáže popsat aktivitu ORN, je nezbytný pro vytvoření integrativního modelu čichového systému hmyzu. Takový model by mohl být využit ke studiu informační metabolické účinnosti celého systému a k analýze, zda za určitých podmínek vysoká frekvence akčních potenciálů v anténním laloku skutečně napomáhá informačně-metabolické účinnosti. Výsledky mé práce jsou tedy krokem vpřed k pochopení obecných principů řídicích nervový kód.