

Vědci z FEL ČVUT přispěli ke studii v Nature Communications: Mozek dětí se přizpůsobuje chybějící končetině už v raném věku

17.3.2026 - | Fakulta elektrotechnická ČVUT v Praze

Mezinárodní tým vědců publikoval v prestižním časopise Nature Communications studii, která ukazuje, že mozek dětí narozených s rozdílem horní končetiny prochází výraznou reorganizací už v raném věku. Na výzkumu se podíleli také vědci z Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze (FEL ČVUT), kteří vyvinuli výpočetní model vysvětlující mechanismus těchto změn.

Studie s názvem *Global remapping of the sensory homunculus emerges early in childhood development* vznikla ve spolupráci několika výzkumných týmů z oblasti neurovědy a vývojové psychologie z University of Cambridge, Durham University a University College London. Za FEL ČVUT se na ní podíleli doc. Matěj Hoffmann a dr. Zdeněk Straka ze skupiny humanoidní robotiky na katedře kybernetiky. Na experimentech se podíleli také robotici z EPFL Lausanne, kteří vyvinuli speciální pneumtické zařízení umožňující stimulovat dotek během snímání mozku v MRI skeneru.

Mozek obsahuje takzvanou somatosenzorickou mapu těla, někdy označovanou jako senzorký homunkulus. Jde o uspořádání oblastí mozkové kůry, které zpracovávají dotek a další smyslové informace z různých částí těla.

Tuto mapu popsal už v polovině 20. století kanadský neurochirurg Wilder Penfield při operacích pacientů s epilepsií. Jednotlivé části těla jsou v mozku reprezentovány různě velkými oblastmi podle jejich citlivosti – například ruce nebo obličej zabírají výrazně větší prostor než záda. Právě tato mapa je však mnohem dynamičtější, než se dlouho předpokládalo.

Výzkumníci pomocí funkční magnetické rezonance (fMRI) sledovali mozkovou aktivitu u dětí ve věku 5–7 let a u dospělých – jak u lidí s rozdílem horní končetiny, tak u kontrolní skupiny.

Výsledky ukázaly, že u lidí narozených bez ruky dochází k rozsáhlé reorganizaci mozkové mapy těla. Oblast mozku, která by za běžných okolností reprezentovala ruku, nezůstává neaktivní – místo toho začíná reagovat na signály z jiných částí těla. Změny se přitom neomezují jen na bezprostřední okolí této oblasti, ale zasahují širší část somatosenzorické kůry.

Klíčem k pochopení těchto změn je mechanismus nazývaný homeostatická plasticita. „Každý neuron v mozku si do určité míry ‚hlídá‘, aby byl aktivní – aby dostával přiměřené množství vstupních signálů. Když o některé vstupy přijde, začne zesilovat jiné, aby si tuto úroveň aktivity udržel,“ vysvětluje doc. Matěj Hoffmann z FEL ČVUT.

Pokud tedy neuron v oblasti mozku určené pro ruku nedostává signály z chybějící končetiny, začne zesilovat vstupy z jiných částí těla – například z paže, zápěstí nebo někdy i z obličeje.

„Mozek tak vlastně aktivně hledá rovnováhu v celé síti. Nejde jen o jednoduché pravidlo ‚používej, nebo ztratíš (use it or lose it)‘, ale o komplexnější regulační mechanismus,“ doplňuje dr. Zdeněk Straka.

Právě tento mechanismus pomohl vysvětlit výpočetní model vyvinutý na FEL ČVUT. Model vytvořený dr. Zdeňkem Strakou simuloval chování neuronů v somatosenzorické kůře. Každý neuron v modelu

měl jednoduché pravidlo homeostatické plasticity – snažil se udržet stabilní úroveň aktivity.

Když modelu výzkumníci „odebrali“ vstupy z ruky, tedy simulovali situaci vrozeného rozdílu končetiny, začala se aktivita v síti přeuspořádávat způsobem, který velmi dobře odpovídal výsledkům naměřeným v mozkových skenech.

„Ukázalo se, že i relativně jednoduchý model dokáže velmi dobře vysvětlit hlavní experimentální výsledky. Recenzenti článku tento přístup hodnotili jako jednu z jeho silných částí,“ říká dr. Straka.

Zapojení týmu z FEL ČVUT souvisí s jejich dlouhodobým výzkumem reprezentace těla a hmatu v mozku – a také v robotických systémech.

Výzkumníci například dříve vyvíjeli model, který umožnil humanoidnímu robotovi iCub vytvořit si vlastní „mapu těla“ na základě dotykových podnětů z umělé kůže.

„V robotice řešíme podobnou otázku: jak se systém naučí, kde na těle byl dotek a jak si vytvoří mapu vlastního těla. Tyto principy jsou překvapivě blízké tomu, co se děje v lidském mozku,“ říká doc. Hoffmann.

Pro výzkumnou skupinu humanoidní robotiky je tato studie jedním z kroků k hlubšímu pochopení toho, jak mozek reprezentuje tělo a jak se tato reprezentace vyvíjí.

„Somatosenzorická mapa je vlastně první místo v mozku, kde se dotek objevuje. Nás ale zajímá i to, jak se tyto informace propojují s motorikou, viděním a dalšími smysly – například když dítě cítí dotek a následně se snaží na to místo sáhnout,“ vysvětluje Matěj Hoffmann.

Právě takové procesy dnes výzkumníci studují kombinací experimentů s dětmi a modelování na humanoidních robotech.

Vídeo: The robot homunculus: learning of artificial skin representation inspired by the brain

Foto: Petr Neugebauer

<https://fel.cvut.cz/cs/aktualne/novinky/83761-vedci-z-fel-cvut-prispeli-ke-studii-v-nature-communications-mozek-deti-se-prizpusobuje-chybejici-koncetine-uz-v-ranem-veku>