

## Kritické zhodnocení teorie: Zrcadlové neurony

(Existuje dostatek empirických důkazů k prokázání existence zrcadlových neuronů u člověka?)

Zrcadlové neurony jsou druhem neuronů, který byl objeven v parieto-frontální oblasti mozku u makaků (Di Pellegrino et al., 1992). Jsou to stejné neurony, které jsou aktivní, když daný makak pozoruje někoho jiného vykonávat činnost (např. úchop, manipulování s objektem) a zároveň když tu samou činnost sám provádí (Steinhorst & Funke, 2014). Předpokládá se, že zrcadlový systém, který se nachází v premotorické a parietální kůře lidského a opičího mozku, je základem sociálního porozumění a umožňuje rozvoj teorie mysli a jazyka (Catmur et al., 2007). Důležitým konceptem při zkoumání zrcadlových neuronů je porozumění akce – tj. nejen vizuální percepce nějaké činnosti, ale i rozpoznání a pochopení toho, co se děje. Podle některých studií však neexistuje přesvědčivý důkaz o tom, že aktivita těchto neuronů vede k porozumění akce (Steinhorst & Funke, 2014).

Objev zrcadlových neuronů měl obrovský vliv a vytvořil prostor pro snahu najít podobný zrcadlový systém u lidí (Turella et al., 2009). V lidském mozku však aktivita těchto neuronů pozorována nebyla. Experimenty zahrnují sledování aktivity jednotlivých buněk (single-cell recording) u makaků a výsledky jsou pak generalizované na lidi, ačkoliv pro tuto generalizaci není opodstatnění (Steinhorst & Funke, 2014). Single-cell recording je technika používaná k pozorování změn v napětí, resp. proudění neuronu, během tohoto je zvíře obvykle pod anestezií a do lebky je umístěna mikroelektroda – přímo do neuronu v oblasti mozku, která je předmětem zkoumání. Zrcadlové neurony u opic jsou aktivní během provádění činností, ale i během pozorování podobné činnosti prováděné experimentátorem. Ačkoliv závěry mnoha studií naznačují, že zrcadlové neurony pravděpodobně v nějaké formě existují i u lidí, pro potvrzení existence zrcadlových neuronů v lidském mozku stále neexistuje dostatek důkazů.

Existují náznaky existence více systémů v mozku vybavených zrcadlovými mechanismy. U opic byly neurony s funkcemi zrcadlení zaznamenány v různých oblastech laterální (boční) stěny mozku, neurofyziologické údaje naznačují, že zatímco oblasti na laterální stěně, jako například oblast f5, obsahují slovní zásobu akcí od uchopení po výrazy obličeje, oblasti na mediální stěně, jako je SMA (doplňková motorická oblast) se zdají být relevantní pro iniciaci pohybu a pohybové sekvence. Takové údaje by demonstrovaly zrcadlovou aktivitu během provádění a pozorování akce v lidském mediálním frontálním kortexu a mediálním temporálním kortexu – dvou nervových systémech, kde zrcadlové reakce na úrovni jedné buňky ještě nebyly zaznamenány a tedy tato zjištění naznačují existenci více systémů v mozku vybavených zrcadlovými mechanismy (Mukamel et al., 2010).

Podporou pro existenci systému zrcadlových neuronů u lidí jsou výsledky studie Serino et al. (2008), která uvádí, že pouhé sledování dotyku části těla druhého člověka aktivuje mozkové oblasti taktilního vnímání, přestože tělo pozorovatele není přímo stimulováno. Z toho vyplývá možná lidská schopnost zpracovat, co druhý dělá, jako bychom to dělali my sami - vnímat druhého nejen jako vnější objekt, ale jako „druhé self“ (Gallese, 2006). U této studie se však jednalo o behaviorální měření a autoři výsledky zobecňují na úroveň mozkové aktivity (používají pojem mirror-like effect). Při zkoumání u lidí hrají roli mnohé další proměnné, které lze velmi obtížně (nebo nelze vůbec) efektivně kontrolovat. Zrcadlicí vlastnosti systému zrcadlových neuronů, spíše než aby byly vrozené nebo závislé na unimodální vizuální nebo motorické zkušenosti, vznikají na základě korelované senzomotorické zkušenosti s prováděním a pozorováním činností – podstatou reakcí by tak byl proces učení se (Catmur et al., 2007). Toto podporuje i studie, která ukazuje vliv vývojové zkušenosti s danou aktivitou na odezvu na úrovni motorického systému, kdy plazící se kojenci měli silnější reakci v oblasti zrcadlového systému na videa plazících se kojenců oproti již chodícím a naopak (van Elk et al., 2008).

Jednu z nejnovějších neurovědních studií v oblasti zrcadlových neuronů přináší autoři Fuelscher et al. (2019). V této studii bylo snahou prokázat existenci zrcadlových neuronů pomocí zobrazovací metody fMRI (funkční magnetická rezonance) zpřesněnou o techniku RS (repetition suppression). Autoři shrnují tři kritéria signálu, která by měly zrcadlové neurony naplňovat. Při použití tradiční analýzy dat se autorům nepodařilo prokázat přítomnost neuronů se zrcadlovými vlastnostmi. Za využití modernějšího přístupu tzv. Multivariate Pattern Analysis

(MVPA) identifikovali autoři jako potenciální oblast aktivity zrcadlových neuronů anteriorní intraparietální sulcus. Závěry této studie jsou však omezené vzhledem k účasti pouhých 12 probandů a limitovanému množství pokusů při měření. Autoři poukazují na potřebu využití senzitivnějších technik v budoucích výzkumech a na nutnost definování jednotných odborných kritérií při využívání zobrazovacích metod.

### Kritika existujících výzkumů

Experimenty pracují s aktivitou zrcadlových neuronů jako s nezávislou proměnnou a závislou je porozuměním pozorované akce. Problematické je, že experimenty testují pouze nezávislou proměnnou – k tomu, aby byl experiment validní, je ale třeba operacionalizovat i závislou proměnnou, což se neděje. Namísto operacionalizace proměnné autoři experimentů odvozují z aktivity zrcadlových neuronů, že opice porozuměly pozorované akci (Steinhorst & Funke, 2014). Některé výzkumy také pracují s předpokladem, že systém zrcadlových neuronů hraje roli v empatii u lidí. Neexistují však důkazy, že by zrcadlové neurony hrály kauzální roli v empatii nebo že jsou pro schopnost empatie potřebné (Bekkali et al., 2020).

Používají se nepřímé způsoby měření aktivity zrcadlových neuronů, protože jediné přímé neurální měření je invazivní (Bekkali et al., 2020). Porozumění akce, které hraje zásadní roli ve výzkumech, může být dosaženo jinými mechanismy než zrcadlovými neurony. Zároveň se ukazuje, že poškození IFG (inferior frontal gyrus) nekoreluje s nedostatkem porozumění akce (Hickok, 2009), jak by se dalo čekat, když právě v této části mozku jsou údajně zrcadlové neurony umístěny.

Dalším problematickým bodem je, že podobně jako u jakéhokoliv zkoumání i zde má vliv „file-drawer problem“ – spíše jsou publikovány výzkumy, které potvrzují existenci jevu než ty, které hypotézu nepodporují (Bekkali et al., 2020).

### Závěry

I přesto, že aktivita zrcadlových neuronů byla důkazem porozumění akce u opic, není opodstatněné dělat závěry o takovém pochopení akce u lidí. Takové rozšíření není prokázáno a není ani prokazatelné – opic se nelze ptát, zda jak něčemu rozumí v experimentálním testování. Takže vztah mezi výsledky, interpretací a závěrem je metodologicky nesprávný. Aktivita zrcadlových neuronů není důkazem porozumění akce. Tato kritika neznámá, že zrcadlové neurony

nemohou mít zásadní sociální funkce. Kritika se vztahuje k tomu, že existující experimentální výsledky nepodporují takové závěry (Steinhorst & Funke, 2014). Aktivace nervů v reakci na pozorování nemusí nutně odrážet pouze zrcadlové neurony, protože tyto způsoby odrážejí masovou nervovou aktivaci na rozdíl od přesnějších měření single-cell recording, které se používají při výzkumech na zvířatech. Tedy vzhledem k tomu, že tyto zobrazovací metody jsou nepřímé, pozorovaná aktivace může spíše odrážet jiné neuronové populace reagující na prezentovaný stimul, např. sousední zrkové, motorické a vizuomotorické (Bekkali et al., 2020).

Odborné studie jasně poukazují na existenci zrcadlového mechanismu v mozku, ale existence zrcadlových neuronů jako takových nebyla doposud u lidí prokázána. I přes svůj hermeneutický význam není teorie zrcadlových neuronů dostatečně ukotvená v datech a měla by být prezentována široké i odborné veřejnosti s větší pokorou než tomu bylo doposud. Do budoucna je nutné se zabývat tím, zda vůbec existuje etický a zároveň validní způsob zkoumání lidských zrcadlových neuronů. Studie, které používají single-cell recording u člověka (např. skrze implantaci elektrod do mozků pacientů s epilepsií) se řídí klinickým úsudkem, nikoliv výzkumným. Další empirické bádání by se mohlo zaměřit na hlubší porozumění specifické funkce systému zrcadlových neuronů u člověka i vzhledem k jeho vývojové podmíněnosti a velké plasticitě (Catmur et al., 2007).

## Zdroje:

Bekkali, S., Youssef, G. J., Donaldson, P. J., Albein-Urios, N., Hyde, C., & Enticott, P. G. (2020). Is the Putative Mirror Neuron System Associated with Empathy? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neuropsychology Review* (2021), 31, 14-57. doi: 10.1007/s11065-020-09452-6.

Catmur, C., Walsh, V., & Heyes, C. (2007). Sensorimotor learning configures the human mirror system. *Current biology*, 17(17), 1527-1531.

Di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (1992). Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental brain research*, 91(1), 176-180.

van Elk, M., van Schie, H. T., Hunnius, S., Vesper, C., & Bekkering, H. (2008). You'll never crawl alone: neurophysiological evidence for experience-dependent motor resonance in infancy. *Neuroimage*, *43*(4), 808-814.

Fuelscher, I., Caeyenberghs, K., Enticott, P.G., Kirkovski, M., Farquharson, S., Lum, J., Hyde, C. (2019). Does fMRI repetition suppression reveal mirror neuron activity in the human brain? Insights from univariate and multivariate analysis. *Eur J Neurosci.*, *50*, 2877–2892.

Gallese, V. (2006). Mirror neurons and intentional attunement: Commentary on Olds. *Journal of the American Psychoanalytic Association*, *54*(1), 47-57.

Hickok, G. (2009). Eight problems for the mirror neuron theory of action understanding in monkeys and humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *21*(7), 1229–1243. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21189>

Mukamel, R., Ekstrom, A. D., Kaplan, J., Iacoboni, M., & Fried, I. (2010). Single-neuron responses in humans during execution and observation of actions. *Current Biology*, *20*(8), 750-756. doi: 10.1016/j.cub.2010.02.045.

Serino, A., Pizzoferrato, F., & Ladavas, E. (2008). Viewing a face (especially one's own face) being touched enhances tactile perception on the face. *Psychological science*, *19*(5), 434-438.

Sonnby-Borgström, M., Jönsson, P., & Svensson, O. (2003). Emotional empathy as related to mimicry reactions at different levels of information processing. *Journal of Nonverbal behavior*, *27*(1), 3-23.

Steinhorst, A., & Funke, J. (2014). Mirror neuron activity is no proof for action understanding. *Front. Hum. Neurosci.*, *8*, 333. doi:10.3389/fnhum.2014.00333

Turella, L., Pierno, A. C., Tubaldi, F., & Castiello, U. (2009). Mirror neurons in humans: consisting or confounding evidence? *Brain Lang*, *108*(1), 10-21. doi: 10.1016/j.bandl.2007.11.002.