

Když se dva jazyky bijí v jednom mozku

Bilingvní mluvčí mají někdy proti monolingvním některé nevýhody. Do cílového jazyka se jim přimíchávají slova, tvary nebo dokonce větné konstrukce z jazyka právě nepoužívaného. Tomuto jevu říkáme jazyková interference.

text **JURAJ JONÁŠ, MABEL VIRGINIA RODRIGUEZ MANCHOLA A VERONIKA VORÁČKOVÁ**

ČLOVĚK, který mluví denně a plynule dvěma jazyky, tedy bilingvní, si někdy v určitém jazykovém kontextu neumí hned vzpomenout na správný výraz anebo použije nesprávnou větnou či stylistickou vazbu.¹ Hledaný výraz se mu pořád objevuje v tom jazyce, který právě v daném okamžiku nepoužívá, větné a stylistické vazby jsou jakoby doslovné překlady z právě neužívaného jazyka. Tak třeba Anglo-Čech popřeje „měj štěstí“ místo „ať máš štěstí“, Slovako-Čech se musí zamyslet, než správně použije jeden z výrazů hořký - horký - horúci a Španělo-čech řekne „ten kniha“,² i když mnohokrát slyšel a sám použil slovo „kniha“ v rodu ženském. Také se může stát, že bilingvnímu mluvčímu hledaný výraz nebo tvar vůbec

„Jestli a kolik chyb bilingvní mluvčí udělá, závisí převážně na tom, zda nebyl nucen před chvílí přepnout z jiného jazyka.“

nepřijde na mysl. Tomuto jevu se říká jazyková interference či jazykový konflikt.

Neuropsychologická data ukazují, že bilingvní lidé mají oproti monolingvním několik výhod v oblasti kognitivního zpracování. Tak kupříkladu mají lepší exekutivní funkce (tzn. volbu a provedení takových operací, které vedou k úspěšnému završení nějakého cíle nebo úkolu) a také u nich později nastupují degenerativní poruchy mozku. Na druhé straně mají v každém ze svých jazyků menší slovní zásobu než monolingvní mluvčí, hůř si vybavují konkrétní slovo a porozumění je pomalejší. Důvodem, proč mají bilingvní lidé v jazykových úkolech obtíže, může být právě jazyková interference, a to jak na úrovni porozumění jazyku, tak na úrovni jeho produkce. U produkce jazyka jde o situace, kdy dochází k delšímu, resp. nesprávnému výběru slova, tvaru nebo větné stavby, protože se do cílového jazyka přimíchávají slova, tvary či dokonce větné konstrukce z jazyka právě

nepoužívaného. U porozumění také dochází k interferenci, ale ta nebyla pozorována na behaviorálních datech, tedy na sledovaných chybách, kterých se účastník při testování dopustí, neboť to nelze v případě porozumění pozorovat. Zde jde o zjištění na neurální úrovni, kdy se u vnímání fonologických homonym (tzn. slov, která v různých jazycích znějí stejně, ale znamenají něco jiného) aktivují stejná centra jako u interferované produkce, a sice levá prefrontální mozková kůra a přední cingulární kůra, což jsou centra exekutivních kognitivních funkcí včetně jazykové kontroly, které mají za úkol inhibici necílového jazyka. I přes tuto kontrolu nemusí být blokováni nepoužitého jazyka úplně a k interferenci dochází v podobě delšího

vybavování a někdy v podobě nesprávného vybavení slova či tvaru, popř. jejich nevybavení. Lze tedy konstatovat, že ačkoli bilingvní jedinci mají lepší exekutivní funkce než monolingvní, náročnost fungování ve dvou jazycích někdy i tak způsobí chybu, které se monolingvní lidé už z principu nemohou dopustit, neboť disponují pouze jedním jazykovým kódem, tudíž nedochází k hledání toho správného.

Jazyková interference je důvodem, proč jsou bilingvní osoby (zejména ty, které se druhý jazyk začaly učit v pozdějším věku) náchylnější k tomu, že si nemůžou vzpomenout na konkrétní slovo, tedy k „tip-of-the-tongue“ efektu (neboli k situaci „mám to na jazyku“). Klíčovým faktorem ovlivňujícím tuto interferenci je jazykový kontext, ve kterém se bilingvní osoba právě nachází. Takže jestli a kolik chyb bilingvní člověk udělá, závisí převážně na tom, zda nebyl nucen před chvílí přepnout z jiného jazyka

anebo také jestli není ovlivněn stupněm specifikace věty (někdy se mluví o „restriktivnosti věty“). Například když česko-anglický bilingvní člověk uvidí větu „Marie vidí house“, bude pravděpodobně vybírat mezi významy „dům“ a „mládě husy“, tedy nastane konflikt. Ten ale nenastane, když je věta restriktivnější, jako například „Marie nakrmí house“. Méně pak záleží na tom, jak zběhlý je v tom kterém jazyce. Ale i zběhllost hraje určitou roli, a to nikoli na úrovni kvantitativní, ale kvalitativní. Bilingvní lidé, kteří se začali učit druhý jazyk dříve, a ti, u kterých je ovládnání druhého jazyka na vysoké úrovni, jsou náchylní spíše k jazykové interferenci v situacích, kdy jsou si slova v obou jazycích blízka sémanticky

Mgr. Bc. JURAJ JONÁŠ (*1986) je doktorandem v Ústavu etnologie FF UK v Praze. Pracuje v Národním ústavu duševního zdraví ve skupině *neurokognice*, kde se věnuje především výzkumu neuropsychologických aspektů bilingvismu.

PhDr. MABEL V. RODRIGUEZ M., Ph.D., pracuje jako senior vědecký pracovník v Národním ústavu duševního zdraví. Vede skupinu *neurokognice*. Vedle toho působí jako klinický psycholog ve své vlastní ambulanci praxi. Zabývá se kognitivními funkcemi (je mimo jiné spoluautorkou české baterie kognitivních testů), jejich deficitem a možnostmi remediace.

Mgr. VERONIKA VORÁČKOVÁ je postgraduální studentka, psycholožka a výzkumná pracovnice působící v Národním ústavu duševního zdraví v pracovní skupině *neurokognice*. Věnuje se především oblasti kognitivních funkcí u psychiatrických pacientů, zaměřuje se na deficity těchto oblastí a možnosti jejich remediace.

(tzn. spletou si třeba slova „kůň“ a „osel“). To nastává pravděpodobně proto, že u nich je význam přístupný ještě před překladem do ekvivalentu v druhém jazyce. Ti, kteří se druhý jazyk učili později nebo jsou v něm méně zběhlí, se těchto chyb dopouštějí spíše, když jsou si slova podobná po fonetické či grafické stránce (třeba „eventually“ a „eventuálně“).

Porozumění mechanismům jazykové interference může sloužit jako indikátor fungování jazykového a kognitivního zpracování. Jako teoretické východisko můžou být tyto poznatky využity k experimentálnímu testování i jiných témat. Například když chceme ověřit vliv vzájemné srozumitelnosti jazyků (kupř. češtiny a slovenštiny) na kognitivní zpracování, můžeme ho testovat třeba právě pomocí porovnání různé míry jazykové interference u bilingvních lidí, kteří tyto vzájemně srozumitelné jazyky ovládají, s těmi, jejichž jazyky si vzájemně srozumitelné nejsou.³ Srovnání míry interference se nejlépe měří za pomoci neurofyziologických metod, jako jsou magnetická rezonance, zařízení eye-tracking anebo EEG s použitím evokovaných potenciálů (tedy měření elektrofyziologických reakcí mozku vyvolaných kontrolovaným experimentálním podnětem, například zvukem). Lepší chápání toho, jak jazyková interference funguje u lidí využívajících denně více než jeden jazyk, má i řadu aplikací mimo akademické prostředí. Míra jazykové interference může způsobovat potíže v praktickém životě například při ústním zkoušení, veřejné prezentaci, diagnostickém vyšetření a dalších interakčních činnostech, při kterých člověk používá jazyk. Tyto činnosti můžou být pro bilingvního náročnější například v oblasti plynulosti řeči. V tomto ohledu se bilingvní můžou zdát znevýhodněni oproti monolingvním. Lepší poznání fungování jazykové interference tedy může vést ve vzdělávání k přesnějšímu plánování a hodnocení bilingvních žáků, a to nejen v oblastech souvisejících přímo s jazykem. Také se může uplatnit ve zdravotnictví, například v neurologii (u oblastí, jako jsou degenerativní poruchy, afázie, předoperační vyšetření a podobně) nebo v neuropsychiatrii (při odhalování kognitivního deficitu, v objektivnějším posuzování stupně postižení, psychodiagnostice a terapii). ●

[↗](#) více k tématu na www.vesmir.cz

- 1) V tomto textu bude řeč pouze o bilingvních lidech, tedy dvójazyčných. U vícejazyčných je situace jazykového zpracování poněkud složitější, což přesahuje možnosti tohoto článku.
- 2) Ve španělštině je kniha mužského rodu – el libro.
- 3) Vzájemná srozumitelnost jazyků není určená jen podobnou strukturou nebo lexikem jazyka, ale také mimojazykovými vlastnostmi, jako je vzájemný kontakt dvou jazykových prostředí, míra vystavení oběma jazykům či postoje vůči nevtažné skupině, která tento druhý jazyk používá.

Jáství, teorie mysli a schizofrenie

text **FILIP ŠPANIEL, TEREZA NEKOVÁŘOVÁ, IVETA FAJNEROVÁ**

„Když jsme tedy takto zpochybnili všechno, o čem můžeme nějak pochybovat, a dokonce předstírali, že to není pravda, můžeme předpokládat, že není Bůh, ani nebe, ani tělesa; že sami nemáme ruce ani nohy, ani celé tělo. Nemůžeme však předpokládat, že nejsme my sami, kteří to myslíme. Nelze tvrdit, že by to, co myslí, v té chvíli, kdy to myslí, neexistovalo. Takže tato myšlenka: Myslím, tedy jsem, je ze všech první a nejjistější, jaká každému rádně filozofujícímu přijde.“

René Descartes, Principia philosophiae

PO STALETÍ je předmětem zájmu filozofie základní otázka: odkud se v naší mysli bere prožitek jáství? Pokud laskavý čtenář v této chvíli natáhne ruku po hrnku s čajem a donese ho k ústům, ani na chvíli nepochybuje o tom, že je původcem a vykonavatelem pohybu. Nepochybuje,

že myšlenka, která celý motorický akt vyvolala, je jeho vlastní a vychází z jeho vlastní vůle. Neporušená obálka jáství obklopuje za normálních okolností veškeré naše bdělé volní jednání. Vždy tomu tak ale není.

Adam sedící v čekárně psychiatrické ambulance překonává už léta strádání zvané schizofrenie. Pokud si přisednete, bude vám vyprávět svůj příběh. Před lety mu při odběru krve vpravili do oběhu čip, který se zachytil v mozku. Od té doby přijímá od domnělých pronásledovatelů příkazy na dálku, stejnou cestou jsou mu skenovány jeho myšlenky a vysílány po internetu do světa. Slyší stále hlasy komentující jeho chování, občas pronásledovatelé komunikují jeho ústy s ostatními lidmi. Někdy ho řídí na dálku jako robota. „Oni“ jsou schopni ovlivňovat i jeho tělesné pocity, řídí tepovou frekvenci, vypínají a zapínají pocity hladu...

Všechny tyto bizarní prožitky představují příznaky prvního řádu, tvořící hlavní osu schizofrenie. Jejich podkladem je narušení hladkého prožitku jáství a chybné připsání původu vlastní mentální aktivity vnějšímu zdroji.

Strukturu já lze rozdělit na dvě vzájemně se prostupující složky: předpokládáme takzvané „autobiografické jáství“, které je zakotveno v předchozí zkušenosti, vyrůstá z bohatství paměťových stop a je schopno samo sebe promítat do budoucnosti. Tady Adamův problém neleží, kontury jeho osobní historie a chronologická identita narušeny nejsou. Obtíž je v druhé složce, nazývané „minimální já“. To je definováno

MUDr. FILIP ŠPANIEL, Ph.D., (*1969) pracuje jako výzkumný pracovník Národního ústavu duševního zdraví v Klecanech a zároveň učí na 3. lékařské fakultě UK. Zabývá se využitím zobrazovacích metod v psychiatrii.

PhDr. RNDr. TEREZA NEKOVÁŘOVÁ, Ph.D., vystudovala zoologii na Přírodovědecké fakultě a psychologii na Filozofické fakultě Univerzity Karlovy. Postgraduální studium ukončila v oboru neurověd na 2. LF UK. V Národním ústavu duševního zdraví vede skupinu experimentální neuropsychologie.

Mgr. et Mgr. IVETA FAJNEROVÁ, Ph.D., (*1982) v Národním ústavu duševního zdraví v Klecanech a ve Fyziologickém ústavu AV ČR, v. v. i., se zabývá zejména využitím virtuální reality jako metody výzkumu kognitivních funkcí a chování člověka.

jako vědomí aktuálního jáství, které je subjektem okamžité zkušenosti teď a tady. Tento prožitek doprovází uchopení šálku a jeho vůlí řízenou dráhu. Minimální já je stále přítomno tiše na pozadí, je ale aktivně uvědomováno teprve při volním zaměření, zejména ve chvíli, kdy plánovaná akce překvapivě neodpovídá očekávané zpětné vazbě. Pokud nás při vykonávaném pohybu kdosi zatahá za rukáv, plánovaná dráha šálku s čajem nebude odpovídat pozorovanému výsledku. Tento rozpor aktivuje příslušné oblasti mozku, aby se vzápětí dostavil prožitek ne-jáství, tedy počitek aktivního vstupu jiného činitele do plánované akce.

Tento mechanismus je zakotven v literatuře jako komparační model. Předpokládá se, že kopie neurálního vzorce volního aktu je přenášena do mozku komparátoru, kde je porovnávána se širokou škálou sensorických informací, přicházejících jako výsledek provedené akce.

Otázkou zůstává, kde se tento modul, který rozhoduje o prožitku „já“ či „ne-já“, v mozku nachází.

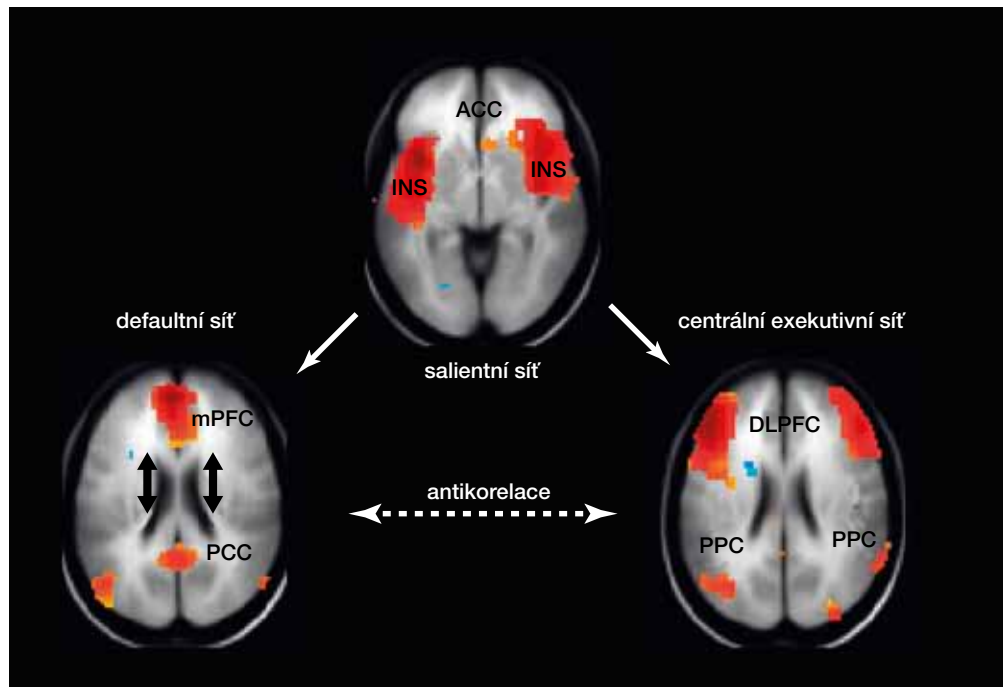
Zobrazovací metody, zejména funkční magnetická rezonance (fMRI), představují pro neurovědy technologický průlom srovnatelný s objevem dalekohledu a mikroskopu. Po éře výzkumu makro- a mikrosvětla se před námi otevírají neprobádané končiny introsvěta.

Pokud shrneme aktivaci napříč desítkami experimentů, které pomocí fMRI hledaly neurální kód prožitku jáství, objevují se dvě klíčové střeďočarové oblasti mozku, sídlící na vnitřní, k sobě přiléhající ploše mozkových hemisfér. Přední část tvoří vnitřní plocha čelního laloku (mediofrontální oblast), zadní sestává zejména z oblasti zvané precuneus.

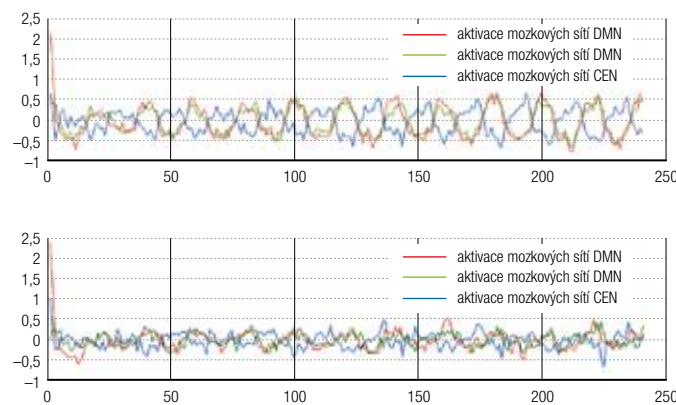
Metoda fMRI využívá změn v poměru okysličené a neokysličené krve v místě neuronální aktivity, fenoménu označovaného jako BOLD efekt (blood oxygenation level dependent). Každá oblast mozku vykazuje spontánní kolísání BOLD signálu. Pokud rozčleníme mozek na objemové jednotky (voxely) a sledujeme souvislost fluktuace BOLD signálu například s průběhem vykonávané úlohy, jsme schopni nalézt oblasti, které jsou při řešení příslušné úlohy aktivní. Co ale se zbytkem na první pohled chaotických fluktuací BOLD? Jde jenom o šum?

Ukázalo se, že jednotlivé voxely lze shlukovat podle synchronního kolísání BOLD signálu. To je odrazem funkčního propojení těchto anatomicky mnohdy vzdálených oblastí. Otevřel se tím před námi složitý ekosystém mozkových sítí s charakteristickými anatomickými uzly.

Obě oblasti aktivace při fMRI úlohách zaměřených na prožívání jáství představují klíčové oblasti klidové, tzv. defaultní sítě. Ta je aktivována ve chvíli, kdy je jedinec ponořen



1. **ANTIKORELOVANÁ AKTIVITA** v jednotlivých neuronálních sítích: v centrální exekutivní síti a defaultní síti, která je regulována salientní sítí.



2. **PRŮBĚH AKTIVACE** mozkových sítí DMN (červená + zelená) a CEN (modrá) při rozpoznávání pocitu jáství a ne-jáství. Obrázek nahore ukazuje aktivitu u zdravých kontrol, dole je mozková aktivita u pacientů s první epizodou schizofrenie.

do introspekce, přemýšlí bez předem daných instrukcí, je v kontaktu se svým já - často se tedy aktivuje při vybavování si osobních vzpomínek nebo při denním snění.

Matematický model, který vychází z řady funkčních dat, prokázal, že hledaným komparátorem je přední, mediofrontální část defaultní sítě. Precuneus (tedy zadní část) hraje důležitou roli v přístupu k autobiografické

paměti, jeho aktivita také souvisí se stavem vědomí. Precuneus je mimořádně metabolicky aktivní a jako anatomická struktura je nejpropojenější s ostatními částmi mozku. Zdá se, že v této oblasti máme dobrého kandidáta na zprostředkovatele autobiografického self.

Kromě střeďočarových struktur obsahuje defaultní síť i zadní části spodního

temenního laloku. Funkci těchto uzlů je možné interpretovat jako spínače egocentricity. Pokud aktivitu v této oblasti vpravo potlačujeme (inhibujeme) pomocí nízkofrekvenčních pulsů magnetického pole s použitím repetitivní transkraniální magnetické stimulace, výrazně tím zhoršíme schopnost soucítění (empatie). Protože je zapnut spínač egocentricity, činí nám velké obtíže opustit svoji perspektivu a vcítit se do pocitů jiné osoby. Naopak pokud pomocí repetitivní transkraniální magnetické stimulace tento uzel aktivujeme, ukrade se do prováděného motorického úkonu zne-pokojující redukce prožitku volní kontroly! Egocentricita je vypnuta...

Adama nyní zastihneme ve scanneru magnetické rezonance. Spolu s desítkami dalších se účastní projektu Národního ústavu duševního zdraví v Klecanech u Prahy (NÚDZ), který má zjistit, zda při prožívání jáství je aktivita mozku u pacientů se schizofrenií odlišná od zdravých kontrol.

Úloha, kterou řeší přímo v útrobách přístroje, vypadá jednoduše. Do zrcátka nad hlavou se promítá herní pole. Na tmavé ploše vidí Adam čtverec, kolem kterého je volný prostor. Po ploše pohybuje kurzorem pomocí joysticku, který drží v pravé ruce. Bylo mu řečeno, že pohyb může být čas od času ovlivněn experimentátorem z vedlejší místnosti. Pokud rozpozná vliv druhé osoby, musí se držet uvnitř čtverce. A naopak v okamžiku, kdy opět získá nad pohybem kurzoru plnou kontrolu, se přesune z centrálního čtverce do vnějšího koridoru.

Experiment je uspořádán tak, aby odhalil mozkovou aktivitu v okamžiku uvědomování si svého vlastního jáství.

Tým NÚDZ, který se zaměřuje na zobrazování neuronální aktivity, prokázal, že pacienti se schizofrenií nejsou v této situaci schopni správně aktivovat nám známé střeďočarové struktury. Překvapivě se však ukázalo, že v experimentu s joystickem hraje kromě defaultní sítě zásadní úlohu i centrální exekutivní síť, která je v mnoha ohledech pravým opakem defaultní sítě. Centrální exekutivní síť je aktivována napříč úlohami, které vyžadují zaměřenou pozornost obrácenou navenek.

Řada výzkumů ukazuje, že obě sítě jsou ve své funkci protiběžné; při introspekci je aktivována defaultní síť a deaktivována centrální exekutivní síť. Při zaměření pozornosti navenek je tomu právě naopak. Tento „vrátkový“ mechanismus je ale podle výzkumníků v NÚDZ rozhraním, na kterém se odehrává klíčový proces odlišující jáství od působení vnějších agentů. Protiběžný mechanismus obou sítí je u schizofrenie výrazně narušen (obr. 2).

To by mohlo být vysvětlením pro řadu příznaků, se kterými Adam a miliony dalších nemocných každodenně zápasí.

Pozitivní příznaky

Příznaky 1. řádu u schizofrenie

- ozvučování myšlenek, odnímání myšlenek, vysílání myšlenek;
- bludy kontrolovatelnosti a ovlivňování, popřípadě prožitky pasivity a přesvědčení o tom, že je subjekt ovládán;
- slyšení hlasů ve formě konverzace nebo diskuse;
- slyšení hlasů, které doprovázejí vlastní počínání poznámkami, tělesné prožitky ovlivňování;
- bizarní trvalé bludy v dané kultuře nepatřičné.

Negativní příznaky

- apatie;
- ochuzení řeči;
- emoční oploštění až vyhaslost;
- sociální stažení;
- vymizení nonverbální komunikace.

Kognitivní příznaky

- poruchy pozornosti;
- poruchy exekutivních funkcí;
- poruchy paměti – zejména verbální složky;
- poruchy slovní plynulosti.

U schizofrenie je prokázána výrazná nestabilita v činnosti defaultní sítě. Ve chvíli, kdy je tato síť nesprávně deaktivována, a zároveň se objevuje spontánní aktivita v oblasti sluchové kůry (v klidu zcela normální), pacienti hlásí přítomnost sluchových halucinací. Jinými slovy, nesprávné „vypnutí“ defaultní sítě u nemocných rozruší na okamžik hladkou spojitost prožitku jáství a vede ostrůvkovitě k vadnému připsání mentální aktivity vnějším zdroji.

Míra protiběžnosti obou sítí u zdravých osob navíc jednoznačně souvisí s kvalitou kognitivního výkonu při řešení různých úloh. Nabízí se tím možná vysvětlení pro kognitivní deficit u schizofrenie. Správná funkce mašinérie obou sítí navíc koreponduje s tíží negativních příznaků. Ty představují další dimenzi onemocnění, jsou prováděny postupným emočním a sociálním vyhasináním, které těžce narušuje fungování nemocného.

Důležitou kognitivní dimenzí, která je u schizofrenie porušena, je takzvaná teorie mysli. Tak nazýváme schopnost přemýšlet o mentálních stavech - myšlenkách, pocitech, znalostech a úmyslech jiných osob. Protože člověk žije ve složitém sociálním prostředí, je pro něj taková funkce klíčová a její narušení může zasáhnout mnohé životní oblasti.

Existuje řada konceptů, které vysvětlují mechanismy teorie mysli. Jedním je „simulační teorie“. Podle ní člověk promítá sám sebe do situace osoby, jejíž chování či motivace odhaduje; simuluje tak její chování. Posuzuje situaci z perspektivy první osoby. Asi právě proto teorie mysli zahrnuje řadu oblastí sdílených s úlohami, kde dochází k prožívání jáství. Zejména společná aktivace defaultní sítě při řešení úloh zaměřených na prožitek jáství a teorii mysli prokazuje, že v tomto procesu skutečně bezděky vytváříme model sebe samých v inkriminované situaci.

Dalšími strukturami, které jsou typicky spojeny s teorií mysli, jsou insula a cingulární kůra. Obě oblasti jsou součástí salientní sítě, jež rozhoduje, které stimuly jsou v dané chvíli natolik důležité, aby na ně byla zaměřena pozornost.

Příběh se vrací na počátek: salientní síť totiž řídí, reguluje a přepíná precizní vzájemnou protiběžnou aktivitu defaultní a centrální exekutivní sítě (obr. 1).

Adam se snaží rozhybat po dlouhém vyšetření magnetickou rezonancí. Ve srovnání se zdravými kontrolami posuzoval - stejně jako desítky dalších mladých pacientů se schizofrenií - během vyšetření s joystickem o poznání hůře, zda kurzorem na obrazovce pohybuje on sám, nebo někdo jiný. A podobně jako u ostatních nemocných a zcela v soulasu s dostupnými poznatky nacházíme u Adama nepatrné ztenčení mozkové kůry v oblasti insuly a předního cingula, tedy uzlů salientní sítě.

Nevíme zdaleka vše, lze ale předpokládat, že vývojový defekt právě v této řídicí oblasti, který vede k narušené vzájemné regulaci páteřních mozkových sítí, může být pro schizofrenii vlastní. Protože aktivita funkčně provázaného systému tvořeného těmito třemi sítěmi je podkladem řady klíčových kognitivních funkcí, důsledky mohou být drtivé. Porucha tohoto páteřního komplexu se může přetavit do podoby rozličných příznaků pozorovaných u schizofrenie od narušení minimálního jáství s bizarními fenomény, které tvoří obsah tohoto duševního onemocnění, přes sníženou schopnost odečítat mentální stavy u druhých až po selhávání ve velkém světě v důsledku kognitivního narušení.

Tázání po příčinách této nemoci, která je zdrojem nezměrného utrpení nemocných i jejich okolí, přinese odpovědi i na základní otázky týkající se fungování našeho mozku. ●

Funkční magnetická rezonance

Moderní zobrazovací technika, která slouží nejen k zobrazování struktury mozku, ale i jeho funkce. Umožňuje tedy sledovat aktivitu mozku v reakci na vnější (nebo vnitřní) podněty. Jde o neinvazivní techniku, aktivita mozku je sledována nepřímo (skrze BOLD signál). S rozvojem technických i statistických prostředků tato technika přispívá nejen k našemu poznání mozku a jeho funkcí, ale je i neocenitelným prostředkem klinických vyšetření - například pro upřesnění diagnostiky nebo při plánování neurochirurgických výkonů.

více k tématu na www.vesmir.cz