

///// tematická studie / thematic article //////////////////////////////////////

**DMN – KLIDOVÁ SÍŤ MOZKU:  
KANDIDÁT NA NOVÉ NEURO-  
VĚDECKÉ PARADIGMA**

**Abstrakt:** *Práce se zaměřuje na metodologicko-historické aspekty vývoje neurologie. V roce 2001 přišel Marcus Raichle s překvapujícím objevem, který je nyní obecně známý jako teorie Default Mode Network (DMN). DMN s sebou kromě nových poznatků o mozkové aktivitě přináší i kompletní přehodnocení dosavadních přesvědčení o mozku. Vědecká komunita předpokládala, že mozek je „reflexivním“ nástrojem k vnějšímu prostředí a od tohoto přesvědčení odvíjela neurologický výzkum. DMN však přichází s pojetím neurální aktivity, jež není závislá na aktivní stimulaci mozku, což je v přímém protikladu s předchozí výzkumnou tradicí. Současné výzkumy DMN vedou ke zcela novým poznatkům, které nebyly dosažitelné v rámci předchozího paradigmatu. Radikální proměna pojetí aktivity mozku s sebou přináší i nutnost přehodnocení neurologického výzkumu z hlediska metodologie. Stať se zabývá otázkou, zda lze považovat DMN za vědeckou revoluci a nové paradigma neurovědy v kontextu analýzy historických událostí, jež formovaly předchozí a stávající neurovědecký výzkum.*

**Klíčová slova:** *default mode network – DMN; neurověda; vědecká revoluce; reflexivní paradigma; klidové paradigma.*

**MAREK HAVLÍK**

Katedra filosofie FF ZČU, Sedláčkova 19, 306 14 Plzeň  
email / mshavlik@kfi.zcu.cz

**Default Mode Network:  
A Candidate for New Neuro-  
scientific Paradigm**

**Abstract:** *The paper focuses on methodological and historical analysis of historical events that shaped the previous and current research of neurology. In 2001 Marcus Raichle came with a surprising discovery, which is now widely known as the Default Mode Network (DMN). DMN brings new knowledge about brain activity and it also changes traditional beliefs about the brain. The scientific community had assumed, for the entire twentieth century, that brain is a tool “reflexive” to the environment. This conviction was the basis of neurological research. DMN comes with the concept of neural activity that is not dependent on the active stimulation of the brain. This concept is in contrast to the previous beliefs about brain activity. Current research of DMN leads to the entirely new knowledge that was not available for the previous paradigm. The article addresses the question whether DMN could be considered a scientific revolution and the new paradigm of neuroscience.*

**Keywords:** *default mode network – DMN; neuroscience; scientific revolution; reflexive paradigm; resting paradigm*

## 1. Úvod

Kuhnovský koncept paradigmatu je již neopominutelným nástrojem studia historie vědy, jež předpokládá vědu vyvíjející se v revolučních skocích a nikoli kontinuálním způsobem. Paradigma se stalo obecně uznávanou, až paradigmatickou záležitostí, která odkazuje ke stávajícímu zájmu vědecké komunity a definuje tak normální vědu, jejíž témata se ve vědě mění nepředvídatelnými revolucemi. I přestože se filosofie vědy Thomase Kuhna soustředí převážně na téma historické reflexe fyziky, lze jeho myšlenky použít i na sféry jiných exaktních věd. V současné době se tak nabízí možnost využít Kuhnových poznatků na poli neurověd a prověřit jejich specifické výzkumy z hlediska možné změny paradigmatu. Jedná se především o tzv. klidovou síť mozku<sup>1</sup> (Default Mode Network), o níž se dá předpokládat, že se stává novým paradigmatem na tomto vědeckém poli. Zda je však takový předpoklad oprávněný, vyžaduje podrobnější analýzu.

## 2. Vědecké paradigma

*Bez víry v nějaké paradigma by nemohla normální věda existovat.*<sup>2</sup>

Americký fyzik Thomas S. Kuhn přinesl do filosofie vědy paradigma, jako jeden ze zásadních a silně návykových pojmů. Jako takové je paradigma úzce spojeno s Kuhnovou hypotézou, jež se negativně staví k přesvědčení o kontinuálním vývoji vědeckého poznání. Kuhnova myšlenka vědeckého vývoje je prezentována prostřednictvím zásadních převratů ve vědeckých přesvědčeních, které nazývá vědeckými revolucemi.

Paradigma určuje směr výzkumu vědecké komunity. Jedná se o stanovení problému a metody jeho řešení. Taktéž se paradigmatem míní obecně uznávané přesvědčení vědců o relevantnosti a důležitosti zkoumaného problému, který je podpořen aktuálními vědeckými výsledky a poznatky, jejichž měření jsou reprodukovatelná, obecně vědeckou komunitou odsouhlasená a uznávaná.

Paradigma svou silou určuje tzv. *normální vědu*. Fáze normální vědy je obdobím, kdy vědci pracují pod tíhou aktuálního paradigmatu a jejich výzkum je charakteristický kumulativností relevantních dat. Tento kumulativní proces má za úkol prohloubit a zaštitit aktuální paradigma a nikoli

<sup>1</sup> Obvykle se objevuje pod označením *default mode of brain function*, *default brain* nebo *default mode network*.

<sup>2</sup> Thomas S. KUHN, *Struktura vědeckých revolucí*. Praha: OIKOYMENH 1996, s. 105.

hledat nově zkoumatelné jevy a procesy. V rámci tohoto kumulativního procesu však zpravidla dochází k úkazům, které jsou stávajícím paradigmatem nevysvětlitelné a jsou po jistý čas zpravidla ignorovány. Těmto úkazům se říká *anomálie* a jejich častější a opakovaný výskyt vede k tzv. *vědecké krizi*.

Fáze krizové vědy je zapříčiněna neschopností paradigmatu a normální vědy vypořádat se s anomáliemi, které se v rámci normální vědy objevují. V tomto ohledu se objevují nové hypotézy a teorie, které se snaží s těmito anomáliemi vypořádat. Tato fáze je charakteristická přítomností mnoha nových teorií, které se pokoušejí anomálii vysvětlit, avšak pouze jedna se stane obecně přijatelným řešením. Tomuto procesu, kdy je jedno paradigma nahrazeno paradigmatem jiným, se říká *vědecká revoluce*.

Adekvátním paradigmatem se tak stává teorie, která řeší anomálie předcházejícího neadekvátního paradigmatu. Tento proces nahrazování paradigmatu paradigmaty adekvátnějšími se podle Kuhna opakuje. Volba paradigmatu však nezávisí pouze na jeho racionálních hodnotách, ale především závisí na sociálních prvcích vědecké komunity, která rozhoduje, zdali bude nová teorie adekvátní či ne. Při volbě nového paradigmatu tak podle Kuhna nechybí ani vyjednávání vědecké komunity, síla vědecké autority či například módnost nadcházejícího paradigmatu.

### 3. „Reflexivní“ neurovědecké paradigma

Předtím než budou prezentovány jednotlivé argumenty proč považovat klidovou síť mozku (DMN) za nové paradigma, je nutné přiblížit paradigma předchozí, o němž se zde hovoří jako o paradigmatu „reflexivním.“ Toto paradigma ustanovovalo přesvědčení, jak nahlížet na funkci mozku a také určovalo směr kumulativního vědeckého výzkumu a metod *normální „neurovědy“*. Za dobu kdy bylo toto paradigma dominantní, je považováno celé dvacáté století.

#### 3.1 Prehistorie předchozího paradigmatu

Dějiny neurovědy dvacátého století jsou silně protkány s postavou Charlese S. Sherringtona. V roce 1906 vydal své dílo *The Integrative Action of the Nervous System*, které je stejně jak souhrnem jeho yaleských přednášek, tak souhrnem jeho myšlenek o nervovém systému.<sup>3</sup> Jeho stěžejním zájmem byla

<sup>3</sup> Robert E. BURKE, „Sir Charles Sherrington’s The Integrative Action of the Nervous System: A Centenary Appreciation.“ *Brain*, roč. 130, 2007, č. 4, s. 887–894.

funkce reflexů a jejich vztah k míše. Tento zájem o reflexy a reflexivní oblouk měly velmi hluboký dopad na jeho další myšlenky, jež se zabývaly charakterem nervového systému. Není tak žádným překvapením, že se v jeho knize nespočetněkrát objevuje termín *reflex*, jako jeho nejdůležitější a nejužívanější pojem. Sherrington si byl sám vědom nutnosti definovat tento pojem:

Je nutné jasně hovořit o tom, čemu rozumíme pod výrazem „reflexivní“ jednání. U rostlin a zvířat se objevuje množství akcí a počátek těchto akcí je vysledovatelný k událostem v jejich prostředí. Událost v prostředí je nějaká změna, která působí na organismus jako vzruchový stimulus, [...] první reakce nebo také vnímání stimulu, jeho prostorový přenos či vedení reakce a motorový či jiný konečný efekt, jsou všechno procesy, které se objeví v jedné a té samé živoucí struktuře. [...] Tyto reakce, složené z počáteční reakce a konečného efektu, jenž je dosažen prostřednictvím konduktoru (nervů), který je sám o sobě neschopen jak konečného-efektu tak [...] vzniku počáteční reakce, jsou „reflexy“. [...] Hlavní tajemství nervové koordinace evidentně leží ve slučování reflexů.<sup>4</sup>

Sherrington tímto způsobem popisuje funkci reflexu, která probíhá přes reflexivní oblouk. Tento oblouk je tradičním způsobem popisován prostřednictvím stimulu, který se nese aferentními drahami do interneuronů míchy a z nich se posléze přenáší eferentními sítěmi do efektorového neuronu.

První kapitola Sherringtonova díla tak představuje základní model, který Sherrington používá i ve svých dalších kapitolách, kde reflexy a reflexivní oblouk hrají nejdůležitější roli.<sup>5</sup> Reflexy a stimulace z vnějšího prostředí se tak stávají pro Sherringtona stěžejními prvky jeho modelu a svým způsobem také jedinými aktivujícími prvky nervové soustavy, která tímto způsobem v jeho modelu dostává svůj stále aktivní „reflexivní“ charakter:

Jelikož jsou všechny části nervového systému propojeny a žádná část nervového systému pravděpodobně nebude samostatně schopna reakce, aniž by byla ovlivněna či aby ovlivnila další rozmanité části (nervového systému), je to systém, který zcela jistě není nikdy v klidu.<sup>6</sup>

Devátá a předposlední kapitola Sherringtonova díla – „The Physiological Position and Dominance of the Brain“ – má filosofický a především fylogenetický charakter. Sherrington v ní využívá veškeré závěry a argumenty

<sup>4</sup> Charles SHERRINGTON, *The Integrative Action of the Nervous System*. New Haven: Yale University Press 1906. s. 5–8.

<sup>5</sup> Viz BURKE, „Sir Charles Sherrington's The Integrative Action of the Nervous System.“

<sup>6</sup> SHERRINGTON, *The Integrative Action of the Nervous System*, s. 8.

předchozích kapitol k prezentaci svého uceleného názoru ohledně organizace centrální nervové soustavy.<sup>7</sup> Sherringtonova myšlenka organizace mozku spočívá na vizuálních, zvukových a čichových receptorech, které spojuje s nutností a závislostí organismu na přežití ve svém prostředí: „Mozek je vždy částí nervového systému, který je konstruován a vyvinut na základě receptorových orgánů (*distance receptor*)“.<sup>8</sup> Sherrington byl přesvědčen, že nervová soustava je z fylogenetického hlediska ustanovena na základě přijímaných impulzů a stimulů z vnějšího prostředí. Podoba nervové soustavy živočicha je založena na jeho receptorech, hlavní koordinace nervové soustavy je zapříčiněna slučováním reflexivních oblouků a celá nervová soustava je propojena, je tudíž ovlivněna na základě reflexivních reakcí vůči vnějšímu prostředí a taktéž je ovlivněna ostatními částmi nervové soustavy. A reflexy nejsou nikoli pouze projevem míchy, ale jakožto hlavní přenašeči vnějších stimulů ovlivňují i veškeré vyšší komponenty nervové soustavy.

Celý centrální nervový systém je vyprojektován na základě dvou neuronů: aferentní kořenové buňce (*afferent root-cell*) a eferentní kořenové buňce (*efferent root-cell*). Tyto buňky tvoří pilíře fundamentálního reflexivního oblouku. A na základě spojení mezi těmito dvěma buňkami jsou překrývány a funkčně ustanoveny, zprostředkovaně či ihned, všechny další neurální oblouky, dokonce i ty kortexu a cerebra samotného.<sup>9</sup>

Sherringtonovy myšlenky měly velký dopad a staly se bezesporu jedním z nejdůležitějších pohledů na mozek a jeho funkci pro počátek dvacátého století. Tento reflexivní model nervové soustavy byl jedním z důležitých prvopočátků, které stály za paradigmatickým nahlížením na funkci mozku po téměř dalších sto let. Paradigma dvacátého století tak předpokládalo, že mozek je především „reflexivním“ nástrojem k vnějšímu prostředí.<sup>10</sup>

### 3.2 Předchozí „reflexivní“ paradigma a charakter jeho výzkumu

I přestože má Sherrington jednoznačný a nezpochybnitelný podíl na tvorbě tohoto „reflexivního“ nahlížení na centrální nervovou soustavu, hlavní náplň paradigmatu dvacátého století lze vystopovat do padesátých let de-

<sup>7</sup> BURKE, „Sir Charles Sherrington's The Integrative Action of the Nervous System.“

<sup>8</sup> SHERRINGTON, *The Integrative Action of the Nervous System*. s. 325.

<sup>9</sup> *Ibid.*, s. 319–320.

<sup>10</sup> Marcus E. RAICHLE, „A Paradigm Shift in Functional Brain Imaging.“ *The Journal of Neuroscience*, roč. 29, 2009, č. 41, s. 12729–12734.

vatenáctého století. Neurovědecké případy, které se objevily v devatenáctém století, byly prvotními impulzy ke stanovení obecné metody pozorování a všeobecně přijímanému směru výzkumu neurovědy celého dvacátého století.

*Normální neurověda* dvacátého století spočívala pod „responsivním“ či „reflexivním“ paradigmatem. Vědecká komunita předpokládala, že mozek je především nástrojem, jehož hlavní funkcí je pozorností řešení kognitivní úloh a stanovování automatických responsivních odpovědí vůči vnějšímu prostředí. Existovalo obecně uznávané přesvědčení, že mozek je v takovýchto situacích aktivní a těmto projevům aktivity byla věnována největší pozornost. „Reflexivní“ paradigma lze hlouběji analyzovat a přiblížit prostřednictvím přiblížení třech rovin vědy, která sestává z faktů, metod a cílů.

### 3.2.1 Faktuální rovina

Faktuální rovinu vědy lze popsat jako nezpochybnitelná fakta, která se v rámci daného vědeckého výzkumu vyskytují. Např. voda se vaří při sto stupních celsia nebo mrze při nula stupních celsia.

Mnoho autorů upozorňuje na dva případy, které navždy změnily způsob nahlížení na vztah mezi mozkiem a chováním.<sup>11</sup> Těmito historickými událostmi jsou: případ Phinease Gage a objevení Brocova centra. Tyto dvě historické události se považují za základní pilíře, na kterých stojí jak postupy a vědecké metody neurovědy, tak i zájem a cíle neurovědeckého výzkumu celého dvacátého století.

Případ Phinease Gage se datuje do poloviny devatenáctého století. Gage utrpěl velmi vážné poškození orbitofrontálního regionu levé mozkové hemisféry. I přestože se z této léze Gage zotavil, začaly se posléze v jeho chování projevovat rozsáhlé povahové změny. Začal být náladový, velmi impulzivní a v jistých případech až dětinský.<sup>12</sup> První hypotézy předpokládaly, že frontální laloky zodpovídají za chování. Později byla tato hypotéza upravena a bylo stanoveno, že frontální laloky jsou důležité pro regulaci emocí.

O několik let později přichází důležitý výzkum pacientů s afázií, které byly zapříčiněny lézemi levého frontálního laloku. Paul Broca v případě několika pacientů úspěšně identifikoval lézi v levé mozkové hemisféře, kterou

<sup>11</sup> Bruce L. MILLER – Jeffrey L. CUMMINGS (eds.), *The Human Frontal Lobes: Functions and Disorders*. 2<sup>nd</sup> edition. New York – London: Guilford Press 2007, s. 3.

<sup>12</sup> James J. GROSS (ed.), *Handbook of Emotion Regulation*. New York – London: Guilford Press 2007.

adekvátně spojil s neplynulou a zastavovanou řečí.<sup>13</sup> Pozdější experimenty dvacátého století stanovily, že za jazykové operace zodpovídá levá mozková hemisféra.

Dále je vhodné přiblížit několik výzkumů, které byly založeny na invazivních experimentech. Například Walter Cannon a Philip Bard prováděli experimenty na kočkách a dalších zvířatech. Jejich experimenty spočívaly v tzv. dekortikaci, což je odstranění mozkové kůry. Philip Bard v roce 1928 provedl na kočkách řadu dekortikačních experimentů, které zahrnovaly odstranění předních částí mozku, včetně kortexu, bílé hmoty a basálních ganglií. Byly provedeny dva typy těchto experimentů, v prvním typu byl hypotalamus zachován a odňat byl kortex, v druhém případě byl hypotalamus odňat s kortexem. Pokud byl hypotalamus zachován, projevovaly kočky po zákroku tzv. přetvařovanou zuřivost (*sham rage*), která neměla žádný specifický cíl. Spontánně se u tak koček objevovalo agresivní chování, které bylo doprovázeno zvýšeným krevním tlakem, krevním oběhem a taktéž pozorovatelnými somatickými behaviorálními projevy jako zjevení chlupů, vytahování drápků, vrčení, atd. Pokud byl odňat s kortexem i hypotalamus k agresivnímu chování v podobě přetvařované zuřivosti nedocházelo.<sup>14</sup>

V podobné době okolo třicátých let dvacátého století prováděli sadu invazivních experimentů s následným pozorováním také Heinrich Klüver and Paul Bucy. V těchto experimentech byli použiti primáti rhesus makak. V experimentech šlo o narušení jejich spánkových laloků a částí mozkové komponenty, dnes tradičně nazývané limbický systém. Byla narušena především část limbického systému, jež se nazývá amygdala. Postoperačně se projevovaly emocionální změny v dřívě divokých a odchycených primátech. Primáti nereagovali přirozeným agresivním chováním vůči experimentátorům, ani neprojevovaly strach vůči hadům, jakožto jejich přirozeným predátorům. Taktéž se projevovala řada dalších typů bizarního chování.<sup>15</sup>

Dalším vhodným příkladem je známý případ neurochirurga William Scovilla, jehož pacient H. M. trpěl nezvladatelnými epileptickými záchvaty. V padesátých letech existovala hypotéza, která přisuzovala vznik epileptických stavů špatné funkci hippocampů a tudíž hippocampy považovala za jejich hlavní zdroj. Pro odstranění epileptických stavů tak přirozeně došlo k operaci a byly odstraněny oba hippocampy. Po jejich vyjmutí došlo

<sup>13</sup> Dale PURVES – George J. AUGUSTINE – David FITZPATRICK – William C. HALL – Anthony-Samuel LAMANTIA – James O. MCNAMARA – S. Mark WILLIAMS (eds.), *Neuroscience*. 3<sup>rd</sup> edition. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc. 2004, s. 639.

<sup>14</sup> *Ibid.*, s. 689.

<sup>15</sup> *Ibid.*, s. 695–697.

u pacienta k trvající neschopnosti utvářet nové dlouhodobé vzpomínky a veškeré nově osvojené znalosti ztrácel po několika minutách.<sup>16</sup>

Velký ohlas taktéž přinesly experimenty, které vycházely z přerušení spojení mezi mozkovými hemisférami. Tohoto přerušení se docílí přetnutím corpus callosum. Řada experimentů byla provedena Rogerem Sperryem a M. Gazzanigou. Tato přetnutí nejenže odstranili epileptické záchvaty, ale taktéž se stala důležitým zdrojem experimentů pro stanovení rozdílných funkcí mezi dvěma mozkovými hemisférami. V mnoha experimentech šlo o rozeznávání předmětů, jazykové funkce a jejich lokalizaci. Experimenty byly založeny na „reflexivních“ odezvách mozku na promítané obrazce nebo předložené předměty. Pacienti s přetnutým corpus callosum nemohli hovořit a nebyli si vědomi informací a obrazců, které byly promítnuty do jejich pravé nejazykové hemisféry, ze které se nemohly tyto informace dostat do „jazykové“ levé mozkové hemisféry.<sup>17</sup>

Výčet výše uvedených faktů by byl pouhými slepými daty, kdyby neexistovala metoda, která by tato data transformovala do jednotné teorie.

### 3.2.2 Metodologická rovina

Metodologická rovina představuje sadu metod, které se ve vědeckém výzkumu používají. Faktuální rovina, jejíž několik základních příkladů z neurovědy je nastíněno výše, je výsledkem vědeckých experimentů. Metodologická rovina je způsobem, jakým se bude s těmito výsledky experimentů zacházet.

Indukce stojí v základu většiny empirických věd a neurověda není výjimkou. Každá empirická věda se vyznačuje singulárními a univerzálními tvrzeními. Singulární tvrzení jsou zmíněné experimenty, taktéž pozorování a výsledky vycházející z těchto experimentů. Univerzální tvrzení jsou stanovené hypotézy, teorie a obecné zákony, které jsou vytvořeny na základě tvrzení singulárních. Induktivní metoda je cestou od singulárních tvrzení k univerzálním. Induktivní opakování experimentů a pozorování jejich výsledků tak vede ke stanovení obecného zákona.

První experimenty se prováděly především na základě invazivních zásahů, které spočívaly v záměrném či nezáměrném způsobení léze – např. u opic nebo koček. U těchto experimentů byla velmi důležitá pozorovatelná korelace s chováním. Tato korelace u prvních experimentů přinášela zá-

<sup>16</sup> Michael S. GAZZANIGA, *The Social Brain*. New York: Basic Books 1985, s. 103–104.

<sup>17</sup> GAZZANIGA, *The Social Brain*.



sadní vztah mezi mozkiem, respektive mozkovými lézemi a pozorovatelným chováním, respektive alterovaným pozorovatelným chováním, které bylo vyvoláno vyskytnutými mozkovými lézemi.

Mozek → Specifické chování.

Léze → Alterované chování.

*Teoretické stanovení funkce odstraněné mozkové komponenty.*

Bardovy experimenty s kočkami jsou spojovány s cerebrálním kortexem a hypotalamem. Korelace pak je zřetelná a je stanovena jako pooperační agresivní chování koček ve vztahu k odnětí jejich cerebrálních laloků bez hypotalamu. Experimenty s primáty, kterým byly narušeny spánkové laloky a amygdala, jsou na druhou stranu (především) spojovány s apatickým jednáním, narušením funkce strachu a indispozicí agresivního jednání.<sup>18</sup> Ztráta amygdaly tak koreluje se ztrátou agresivního chování a strachu. Případ pacienta H. M. odkazuje na korelaci mezi pamětí a hippokampy atd.

Pozorovatelná korelace mezi lézemi a pozorovatelným alterovaným chováním byla u prvních experimentů založena na invazivní metodě. To se mění s příchodem neinvazivních pozorovacích metod. Invazivní experimenty byly do velké míry nahrazeny pozitronovou emisní tomografií (1960) a posléze funkční magnetickou rezonancí (1992), které postupují na základě neinvazivního pozorování mozku, kde není nutné jeho přímé narušení.

Nahrazení invazivní metody neinvazivním pozorováním je zásadním průlomem v neurologických výzkumech. S neinvazivním pozorováním se zpřesňuje způsob pozorování, avšak metodologické aspekty neurovědy – indukce a korelace – zůstávají stejné. Metodologie zkoumání je jak u invazivní tak neinvazivní metody pozorování založena na pozorovatelných koreláttech. Invazivní metoda vycházela z pozorovatelné alterovaného chování vůči korelující invazivní změně mozku. Neinvazivní pozorování je o korelaci mezi chováním či plněním kognitivních úkolů a aktivitou specifických cerebrálních regionů.

Specifické chování → Specifická neinvazivně pozorovatelná aktivita mozkového regionu.

*Stanovení specifické aktivity mozkové komponenty vůči specifickému chování.*

<sup>18</sup> Taktéž byli primáti v jistých případech postiženi vizuální agnózií (nerozpoznávání předmětů).

Metodologie neurovědy, kde hraje velkou roli korelace a samozřejmě indukce, vede k axiologické rovině vědy, kde cílem neurovědeckého výzkumu je tzv. *cerebrální lokalizace*.

### 3.2.3 Axiologická rovina

Axiologická rovina je ve vědě souborem hodnot a cílů vědeckého výzkumu. Věda ve fázi normální vědy přináší kumulativním způsobem mnoho faktů a informací v podobě výsledků vědeckého pozorování a zpravidla na základě indukce přetváří tato pozorování do obecně uznávané teorie. Hodnoty a cíle vědy předchozího „reflexivního“ paradigmatu spočívaly velmi zřetelně ve snaze o stanovení jednotlivých funkcí specifických mozkových komponent či regionů. Vědecké cíle mohou být předloženy jako cíle abstraktní, jako například oblíbené „hledání pravdy“ nebo jako cíle vyložené konkrétní, jako v tomto případě „cerebrální lokalizace“. Neurologie dvacáté století spočívala v zájmu o funkce specifických cerebrálních komponent a určila tak stěžejní charakter svého výzkumu: „Mírou hodnoty vědeckého výsledku je vyřešený problém.“<sup>19</sup>

Pozorování, která byla založena na invazivní metodě, byla především o korelaci mezi pozorovatelnými alterovanými projevy v chování a mezi poškozením mozku. Na tomto způsobu pozorovatelné korelace pak vznikaly teorie či hypotézy, které spojují mozkový region se změnou chování, a tímto způsobem docházelo k cerebrální funkční lokalizaci.

Schopnosti cerebrální lokalizace spojené s invazivní metodou byly před příchodem neinvazivních metod značně omezeny. Neinvazivní pozorování je svým způsobem založeno na stejném pozorování, ale místo pozorování chování, které je na základě korelace přiřazeno k alterovanému mozkovému regionu, jde o aktivitu mozkových regionů, jejichž aktivita je pozorovatelná při specifických úkonech jako například při plnění kognitivních příkazů či při specifickém chování.

Pokrok je taktéž jedním z cílů každé vědy a tudíž spadá i do axiologické roviny vědy.

Pouze v období normální vědy se pokrok zdá být zřejmý a jistý. V tomto období nemůže vědecké společenství vidět v plodech své práce nic jiného než pokrok.<sup>20</sup>

<sup>19</sup> KUHN, *Struktura vědeckých revolucí*, s. 167.

<sup>20</sup> *Ibid.*, s. 162.

Kumulativní charakter *normální neurovědy* dvacátého století bezesporu přinesl mnoho důležitých poznatků, které spočívají v stanovení funkcí mozkových komponent, tj. cerebrální lokalizace. Mnoho poznatků bylo dále rozvíjeno, falsifikováno a zpřesňováno. Způsob a zájem o cerebrální lokalizaci přinesl v axiologické rovině hodnot nejen mnohem hlubší a stále expanzivnější chápání mozku a jeho akcí, ale také bezesporu přinesl mnoho informací do klinických postupů, které vyžadují lékařské zásahy do centrální nervové soustavy.

S přesvědčením o „reflexivním“ charakteru mozku a výzkumem cerebrální lokalizace vědecká komunita předpokládala, že specifické mozkové regiony jsou aktivní či koaktivní, když se mozek zabývá responsivními odpověďmi, reaguje na vnější prostředí nebo řeší kognitivní úkoly, které vyžadují aktivní pozornost. Charakter takového výzkumu v tomto ohledu předpokládal, že mozek je v klidových stavech, které nejsou zatíženy aktivními kognitivními úkony, neaktivní a nevěnoval tomuto směru výzkumu velkou pozornost. Neinvazivně pozorovatelná cerebrální lokalizace zahrnující výzkum emocí, vyšších mentálních funkcí, regulace emocí, rozeznávání objektů, vnímání, jazyka atd. byla stěžejním výzkumem neurologie dvacátého století.

Lze tedy přiblížit charakter výzkumu neurologie dvacátého století v několika bodech.

Prvním je přesvědčení o charakteru a hlavní funkci mozku, která je „reflexivní“. V neurologii dvacátého století to neznamená, že mozek je pouze a jedině strukturou, která má charakter reflexu. „Reflexivním“ se míní, že vědecká komunita předpokládala aktivitu mozku v závislosti na aktivním chování. Specifická aktivní chování, pak byla schopna na základě korelace spojit s aktivními mozkovými regiony. Vědecká forma výzkumu je tak reflexivní a stala se taktéž i paradigmatickým způsobem výzkumů a obecně přijímaným přesvědčením o charakteru mozku širokou neurovědeckou komunitou.

Druhým bodem je stanovení metody zkoumání, která je založena na pozorovatelné korelaci mezi fakty, které nastávají v průběhu vědeckého zkoumání. Tato korelace je korelací mezi změnou v chování a změnou mozku, později mezi chováním či kognitivními úlohami a aktivací mozku.

Přesvědčení o „reflexivních“ aspektech mozku ve spojení s metodou pozorovatelné korelace tak otevírá hlavní zájem a směřování výzkumu neurologie, který spočívá v cerebrální lokalizaci. Zmíněné přesvědčení, že mozek je reflexivním nástrojem pro vnější prostředí, je úzce spojeno s charakterem

výzkumu cerebrální lokalizace, a spolu utvářejí paradigmatické nahlížení na mozek jako stále „reflexivní“ nástroj pro vnější prostředí.

Funkční zobrazování mozku začalo s výzkumem reakcí mozku na pečlivě kontrolované sensorické, kognitivní a motorické akce. Takové experimenty dobře zapadají do přesvědčení o charakteru mozku, které předpokládá, že mozek je poháněn momentálními nároky vnějšího prostředí.<sup>21</sup>

#### 4. DMN ve světle *Struktury vědeckých revolucí*

„Reflexivní“ paradigma dvacátého století, které bylo založeno na zájmu o cerebrální lokalizaci, značnou měrou opomíjelo „klidové stavy“ mozku. V rámci studií a výzkumů cerebrální lokalizace „reflexivní“ paradigma prakticky nereflektovalo jiné funkce mozku, než vyvolanou aktivitu při aktivních kognitivních úkonech a projevech. Pokud se při výzkumu a pozorování objevila nějaká další aktivita či deaktivace mozkových regionů, která nebyla důležitá pro specifický výzkum, byly tyto nadbytečné projevy označeny za „šum“. Tato nadbytečná data byla z pozorování eliminována pro zpřesnění mozkové aktivity, která korelovala s kognitivními úkoly při aktivní pozornosti.<sup>22</sup>

V roce 2001 se objevila na vědecké scéně teorie zabývající se těmito klidovými stavy, které byly do značné míry opomíjeny. Marcus Raichle, autor této teorie, ji představil jako Default Mode of Brain, dnes široce známou pod názvem DMN. Zájem Raichla vycházel z prozkoumání základních stavebních kamenů mozkové aktivity<sup>23</sup> (baseline), o níž předpokládal, že je stěžejní pro aktivitu vyvolanou, která se projevuje právě responsivními odpověďmi vůči vnějšímu prostředí nebo při řešení kognitivních úkonů, které byly hlavním zájmem předchozího „reflexivního“ paradigmatu.

DMN se stalo velmi módní záležitostí, jelikož přináší nové poznatky v oblastech mozkové aktivity, které byly předchozím paradigmatem přehlíženy. Je však nutné zdůraznit, že DMN se zde považuje za nové paradigma ne díky tomu, že přináší nové přístupy v pozorování mozku, ale z toho

<sup>21</sup> Marcus E. RAICHLE – Abraham Z. SNYDER, „A Default Mode of Brain Function: A Brief History of an Evolving Idea.“ *Neuroimage*, roč. 37, 2007, č. 4, s. 1083–1090; „Discussion.“ *Ibid.*, s. 1097–1099.

<sup>22</sup> Marcus E. RAICHLE, „The Brain’s Dark Energy.“ *Scientific American*, roč. 302, 2010, č. 4, s. 28–33.

<sup>23</sup> Debra A. GUSNARD – Marcus E. RAICHLE, „Searching for a Baseline: Functional Imaging and the Resting Human Brain.“ *Nature Reviews Neuroscience*, roč. 2, 2001, č. 10, s. 685–694.

důvodu, že se revolučně mění pohled, jak na mozek a jeho funkce nahlížet. V tomto ohledu se objevují i nové specificky užívané pojmy jako vyvolaná aktivita a intrinsická aktivita.<sup>24</sup> Vyvolaná aktivita odkazuje k mozkové aktivitě, kterou mozek vynakládá k responsivním odpovědím na vnější prostředí neboť je vyvolána aktivními kognitivními úkoly. Intrinsická aktivita na druhou stranu odkazuje právě ke klidovým stavům mozku, kde je právě DMN ústředním pojmem tohoto nového paradigmatu.

#### 4.1 Popis DMN

DMN je obecně charakterizována jako rozsáhlá intrinsická síť mozku, jež se skládá z tzv. uzlů (*nodes*). Uzly jsou nazývány specifické mozkové regiony, jejichž koaktivita a propojení se měří v klidových stavech subjektu. Těchto klidových stavů lze dosáhnout buď prostřednictvím pasivního vnímání vleže, kde nesmí u subjektu dojít ke spánku nebo když subjekt pasivně pozoruje stimul, který neevokuje aktivní kognici.<sup>25</sup> Subjekt v těchto klidových fázích není vystaven vnější stimulaci, která by subjekt nutila k aktivní kognici, proto například subjekt pouze pasivně pozoruje kříž. Taktéž není subjekt vyzván k myšlenkovým úkolům, jako např. aktivní vybavování z paměti, aktivní představování či počítání. Aktivita DMN se měří prostřednictvím pozorování průtoku krve, vychytávání glukózy a zpracování kyslíku<sup>26</sup> a tato aktivita je nejsilnější, když se testovaný subjekt nachází ve zmíněných fázích klidu a je bez aktivní kognice vyžadující pozornost.<sup>27</sup>

Myšlenka klidové intrinsické sítě mozku byla založena na pozorování identických snížení aktivity uzlů DMN ve chvílích, kdy subjekt přešel

<sup>24</sup> Anglické termíny, které se užívají v problematice DMN jsou: *evoked activity*, *intrinsic activity*. V tomto článku se používají termíny: Vyvolaná aktivita pro termín *evoked activity* a intrinsická aktivita pro termín *intrinsic activity*. Používám termín intrinsická aktivita. Překládat tuto aktivitu jako aktivitu vnitřní by bylo samo o sobě zavádějící (těžko existuje jiná mozková aktivita než vnitřní). Intrinsická aktivita by šla pojmut prostřednictvím termínu *endogenní aktivita*, avšak tento termín se v problematice DMN nepoužívá. Intrinsická aktivita je klidová aktivita mozku, která není vyvolána aktivní stimulací z vnějšího prostředí.

<sup>25</sup> Marcus E. RAICHLE – Ann Mary MACLEOD – Abraham Z. SNYDER – William J. POWERS – Debra A. GUSNARD – Gordon L. SHULMAN, „A Default Mode of Brain Function.“ *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, roč. 98, 2001, č. 2, s. 676–682.

<sup>26</sup> *Ibid.* Viz také Robin L. CARHART-HARRIS – Karl J. FRISTON, „The Default-mode, Ego-functions and Free-energy: A Neurobiological Account of Freudian Ideas.“ *Brain*, roč. 133, 2010, č. 4, s. 1265–1283.

<sup>27</sup> RAICHLE *et al.* „A Default Mode of Brain Function.“; RAICHLE – SNYDER, „A Default Mode of Brain Function: A Brief History of an Evolving Idea.“

do aktivní kognice, jež vyžaduje aktivní pozornost. Takováto kognice je spojena s aktivní pozorností nebo je spojena s plněním zadaných úkolů.<sup>28</sup> Aktivní kognici odpovídají jiné specifické mozkové regiony, které jsou při takto zaměřené kognici aktivovány a obecně se nazývají pozornostním systémem (Attention system). Aktivní kognice či zaměřenost na plnění úkolů je charakteristická rozdílnou neurální aktivitou od neurální aktivity DMN. Aktivita DMN je maximální ve stavech klidu a během plnění kognice vyžadující pozornost či při plnění zadaných úkolů, je částečně snížena či deaktivována. Při aktivní kognici jsou aktivovány jiné části mozku, které se nazývají již zmíněným pozornostním systémem.<sup>29</sup>

DMN se tedy vyznačuje opačným charakterem neurální aktivity vůči tzv. pozornostnímu systému a proto je DMN spojován s intrinsickou (vnitřní) aktivitou mozku a pozornostní systém je spojován s vyvolanou (*Evoked*) aktivitou mozku.<sup>30</sup>

#### 4.2 Uzly a konektivita DMN

DMN jakožto klidová síť mozku je složena z frontálního laloku, parietálního laloku a části temporálního laloku.<sup>31</sup> Detailnější popis jednotlivých uzlů DMN:

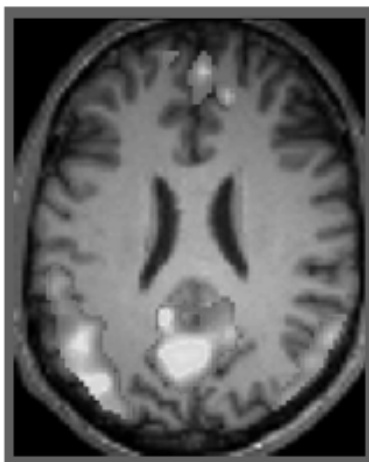
- Mediální prefrontální kortex / *Medial prefrontal cortex* (mPFC)
- Ventrální mediální prefrontální kortex
- Mediální temporální lalok / *Medial temporal lobes*
- Zadní cingulum / *Posterior cingulate* (PCC)
- Zadní dolní parietální lalok / *Posterior inferior parietal lobule* (pIPL)

<sup>28</sup> RAICHLE *et al.* „A Default Mode of Brain Function.“

<sup>29</sup> RAICHLE – SNYDER „A Default Mode of Brain Function: A Brief History of an Evolving Idea.“ Viz také CARHART-HARRIS – FRISTON „The Default-mode, Ego-functions and Free-energy: A Neurobiological Account of Freudian Ideas.“

<sup>30</sup> RAICHLE – SNYDER, „A Default Mode of Brain Function: A Brief History of an Evolving Idea.“

<sup>31</sup> RAICHLE *et al.* „A Default Mode of Brain Function.“ RAICHLE – SNYDER, „A Default Mode of Brain Function: A Brief History of an Evolving Idea.“ CARHART-HARRIS – FRISTON „The Default-mode, Ego-functions and Free-energy: A Neurobiological Account of Freudian Ideas.“ RAICHLE, „A Paradigm Shift in Functional Brain Imaging.“



Uzly DMN se taktěž vyznačují velmi silnou konektivitou a propojením.<sup>32</sup> K tomuto propojení specifických uzlů DMN dochází prostřednictvím vývoje jedince v rámci jeho vlastní ontogeneze.<sup>33</sup> Výzkumy prokázaly, že zmíněná konektivita uzlů je například neexistující u malých dětí.<sup>34</sup> U plně propojeného DMN, kterým disponují až dospělí lidé, se tak spojuje velká

<sup>32</sup> Michael D. GREICIUS – Ben KRASNOW – Allan L. REISS – Vinod MENON, „Functional Connectivity in the Resting Brain: A Network Analysis of the Default Mode Hypothesis.“ *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, roč. 100, 2003, č. 1, s. 253–258. Martijn P. van den HEUVEL – René C. W. MANDL – René S. KAHN – Hilleke E. HULSHOFF POL, „Functionally Linked Resting-State Networks Reflect the Underlying Structural Connectivity Architecture of the Human Brain.“ *Human Brain Mapping*, roč. 30, 2009, č. 10, s. 3127–3141.

<sup>33</sup> Damien A. FAIR – Alexander L. COHEN – Nico U. F. DOSENBACH – Jessica A. CHURCH – Francis M. MIEZIN – Deanna M. BARCH – Marcus E. RAICHLE, Steven E. PETERSEN – Bradley L. SCHLAGGAR, „The Maturing Architecture of the Brain’s Default Network.“ *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, roč. 105, 2008, č. 10, s. 4028–4032. A.M. Clare KELLY – Adriana Di MARTINO – Lucina Q. UDDIN – Zarrar SHEHZAD – Dylan G. GEE – Philip T. REISS – Daniel S. MARGULIES – F. Xavier CASTELLANOS – Michael P. MILHAM, „Development of Anterior Cingulate Functional Connectivity from Late Childhood to Early Adulthood.“ *Cerebral Cortex*, roč. 19, 2009, č. 3, s. 640–657.

<sup>34</sup> Peter FRANSSON – Beatrice SKIOLD – Sandra HORSCH – Anders NORDELL – Mats BLENNOW – Hugo LAGERCRANTZ – Ulrika ADEN: „Resting-state Networks in the Infant

řada velmi důležitých mozkových oblastí: mediální prefrontální kůra,<sup>35</sup> části limbického systému ve spánkovém laloku<sup>36</sup> a temenní lalok, jenž se považuje za ústřední region pro funkční aktivitu DMN.<sup>37</sup> Temenní lalok je stěžejní pro aktivitu vědomí a považuje se za ústřední mozkový region, jelikož neexistuje případ subjektu, který by přežil lézi v této části mozku. Neexistuje tak ani žádná teorie, která by uchopovala korelaci mezi alterovanými behaviorálními projevy a ztrátou temenního laloku.

### 4.3 DMN jako současné „klidové“ paradigma

Sherrington se domníval, že mozek je aktivní neustále, jelikož je neustále vystaven reflexivním požadavkům vůči prostředí, které přicházejí ze smyslů a šíří se aferentními a eferentními drahami. Tento pohled na centrální nervovou soustavu samozřejmě nebyl jediný, ale nejvíce motivoval následující výzkum neurologie.<sup>38</sup> „Reflexivní“ paradigma dvacátého století přetvořilo tento model v ohledu neinvazivních pozorovacích metod a předpokládalo, že mozek je aktivní v případech aktivní kognice a pokud takováto kognice není přítomná či přímo nutná, mozek aktivní není.<sup>39</sup>

Sherringtonův model reflexivního mozku samozřejmě nebyl jedinou hypotézou, která uceleným způsobem přibližovala a nahlížela na charakter mozku. Objevilo se několik dalších myšlenek, které se vyjadřovaly k charakteru mozku. Jedním z myslitelů, kteří nebyli zcela přesvědčeni o reflexivních aspektech mozku, byl Sherringtonův žák Thomas Graham Brown (1914). Jeho myšlenky ohledně charakteru mozku spojují mozek především s interpretací a akvizicí informací. Další funkce mozku spočívají v udržování získaných informací a na jejich základě i předvídání vnějšího prostředí.<sup>40</sup>

Dalším myslitelem, který stojí za zmínku, je objevitel encefalogramu Hans Berger. Na základě čtení elektrických vln mozku, která mu encefalogram poskytoval, prezentoval myšlenku, že mozek je stále aktivní i v kli-

Brain.“ *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, roč. 104, 2007, č. 39, s. 15531–15536.

<sup>35</sup> Racionální uvažování, vyšší kognitivní funkce.

<sup>36</sup> Emocionální reakce, emocionální zbarvení zkušenosti, paměťové funkce.

<sup>37</sup> Peter FRANSSON – Guillaume MARRELEC, „The Precuneus/Posterior Cingulate Cortex Plays a Pivotal Role in the Default Mode Network: Evidence From a Partial Correlation Network Analysis.“ *Neuroimage*, roč. 42, 2008, č. 3, s. 1178–1184.

<sup>38</sup> RAICHLE, „A Paradigm Shift in Functional Brain Imaging.“

<sup>39</sup> RAICHLE, „The Brain’s Dark Energy,“ s. 28–33.

<sup>40</sup> Marcus E. RAICHLE, „Two Views of Brain Function.“ *Trends in Cognitive Science*, roč. 14, 2010, č. 4, s. 180–190. RAICHLE, „A Paradigm Shift in Functional Brain Imaging.“



dových stavech. Mozkové alfa vlny, také známé jako Bergerovy vlny, jsou přítomné v klidovém stavu. Odlišují se od beta vln, které jsou přítomné v aktivních stavech kognice vůči prostředí. Jeho myšlenky, včetně encefalogramu, byly dlouhou dobu pod tíhou předchozího paradigmatu označovány za bláznovství. Za encefalogram byl odměněn až o několik desítek let později a k přijetí jeho myšlenek o stále aktivní mozkové aktivitě došlo až v současnosti, kde jsou nyní jeho myšlenky prezentovány v souvislosti s DMN.<sup>41</sup>

Teorie DMN o níž lze hovořit jako o novém paradigmatu tvrdí, že mozek je aktivní neustále a to ať v případě aktivní kognice, tak i v případě klidových pasivních stavů subjektu, které se odrážejí v klidové síti mozku. Nelze nikterak upírat důležitost výzkumů v rámci „reflexivního“ paradigmatu dvacátého století a jimi dosažených výsledků, které přispěly k identifikaci funkcí specifických mozkových center, jejich vzájemné komunikaci a konektivitě. Exaktní měření, která vycházela z pozorování DMN však prokázala, že aktivita vyvolaného responsivního chování mozku se liší ne více než pěti procenty od funkční aktivity klidové sítě. To znamená, že mozek je v klidových stavech neustále velmi aktivní, i přestože není vyžadována aktivní kognice, a pokud se objeví stimul nebo je mozek nucen reagovat na zadaný kognitivní úkol, který vyžaduje aktivní kognici subjektu a jeho pozornost, zvýší se mozková aktivita maximálně o pět procent.<sup>42</sup> Mozek si tak neustále zachovává velmi silnou funkční aktivitu, ať se jedná o pozornost nebo o klidové stavy.

DMN se od svého příchodu na neurovědecké pole těší velkému zájmu. Samotný Marcus Raichle tvrdí, že teorie DMN způsobila mnohem větší zájem než vůbec čekal.<sup>43</sup> Jak lze na tuto teorii intrinsické mozkové sítě, která s sebou neoddělitelně přináší i nové přesvědčení o charakteru mozku, pohlížet jako na nové neurovědecké paradigma. Kuhn tvrdí:

*Každá revoluce má za následek posun v problémech, které jsou vědeckému zkoumání dostupné, a posun měřítek, jimiž odborníci určují, co je třeba brát jako přijatelný problém nebo přijatelné řešení problému. Každá revoluce proměňuje vědeckou představivost způsobem, který musíme vcelku popsat jako proměnu světa.<sup>44</sup>*

<sup>41</sup> *Ibid.* Viz také RAICHLE, „The Brain’s Dark Energy.“

<sup>42</sup> RAICHLE, „Two Views of Brain Function.“

RAICHLE, „The Brain’s Dark Energy.“

<sup>43</sup> RAICHLE – SNYDER, „A Default Mode of Brain Function: A Brief History of an Evolving Idea.“

<sup>44</sup> KUHN, *Struktura vědeckých revolucí*, s. 19.

Paradigmata (jsou) zakládající i vůči přírodě. [...] *Vědci, vedeni novým paradigmatem, si osvojují nové nástroje a vyhlízejí neprobádané oblasti. A co je ještě důležitější: v průběhu revoluce začínají vědci vidět nové a odlišné věci i tam, kde se důvěrně známými nástroji obracejí do již probádaných oblastí. [...] vědci vidí odlišně svět svého vědeckého působení. [...] Kachny předrevolučního světa se ve světě po revoluci ukáží být králíky.*<sup>45</sup>

Sherrington předpokládal, že nervová soustava je neustále zaneprázdněna přicházejícími stimuly z vnějšího prostředí. Neinvasivní pozorování mozku svými závěry o rozličných mozkových aktivacích a funkcích mozkových regionů rozpracovalo toto přesvědčení „reflexivního“ mozku o to, že mozek je aktivován během „reflexivních“ či „reaktivních“ úkonů vyžadujících pozornost a že mozkové regiony jsou deaktivovány, když se člověk nalézá v klidových stavech.<sup>46</sup> DMN však upravuje toto paradigmatické přesvědčení dvacátého století a tvrdí, že mozek je aktivní neustále.<sup>47</sup> Proměna světa vědecké komunity je nyní v neurovědě jasně viditelné přijetí faktu, že mozek má defaultní či výchozí stav, který je přítomen ve stavech klidu. Jsou jasně viditelné změny v chování neurovědců, které se odrážejí jak v jejich výzkumu, tak v užívání jejich jazyka a výskytů kritik vůči zatvrzelosti předchozího paradigmatu, které nereflekovalo klidové stavy mozku. V tomto ohledu například Samantha Broyd tvrdí, že: „Zaměření se výzkumných pracovníků na zkoumání aktivních úkolů a vyloučení klidových stavů z výzkumu, se zdá být zásadním pochybením.“<sup>48</sup>

Marcus Raichle a jeho spolupracovníci říkají:

Bohužel, úspěch výzkumu vyvolané aktivity způsobil, že jsme ztratili ze zřetele pochybnost, že naše experimenty odhalují pouze malou frakci skutečné funkční aktivity, jež je naším mozkiem prováděna.<sup>49</sup>

<sup>45</sup> *Ibid.*, s. 114–115.

<sup>46</sup> RAICHLE, „The Brain’s Dark Energy.“

<sup>47</sup> RAICHLE *et al.*, „A Default Mode of Brain Function.“

<sup>48</sup> Samantha J. BROYD – Charmaine DEMANUELE – Stefan DEBENER – Suzannah K. HELPS – Christopher J. JAMES – Edmund J.S. SONUGA-BARKE, „Default-mode Brain Dysfunction in Mental Disorders: A Systematic Review.“ *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, roč. 33, 2009, č. 3, s. 280 (279–296). Originál: „For researchers to focus on active task-oriented conditions to the exclusion of rest may be a significant oversight.“

<sup>49</sup> RAICHLE, „Two Views of Brain Function,“ s. 180 (180–190). Originál: „Unfortunately, the success of studying evoked activity has caused us to lose sight of the possibility that our experiments reveal only a small fraction of the actual functional activity performed by our brain.“

A taktéž se mnozí podobným způsobem vyjadřují o charakteru budoucího výzkumu:

Porozumění jak mozek pracuje, závisí kriticky na studiu mozkové intrinsické aktivity (tj. aktivity, která se nevztahuje a není identifikovatelná se senzoric-  
kými či motorickými akcemi).<sup>50</sup>

Kuhn v rámci svého modelu vědeckých revolucí představuje například i příslib úspěchu nového paradigmatu:

*Úspěch paradigmatu* – ať už se jedná o Aristotelův rozbor pohybu, Ptolemaiovy výpočty planetárního postavení, Lavoisierovy aplikace rovnováhy nebo Maxwellovy matematizace elektromagnetického pole – *tkví zpočátku do značné míry v příslibu úspěchů*, jichž bude možno dosáhnout ve vybraných, dosud nevyřešených případech. Normální věda spočívá v uskutečňování tohoto příslibu.<sup>51</sup>

Neurovědecká komunita již nyní obecně přijímá fakt, že mozek je aktivní neustále. Jak v případě aktivní kognice, jako například čtení, počítání, navozování si nálad, tak v případě klidových stavů, které tuto aktivní kognici nebo plnění úkolů nevyžadují. Mozek pracuje aktivně neustále a jeho aktivita se nachází téměř na stejných hodnotách. Příklad úspěchu a pokroku, který je důležitý pro nové paradigma ve vědě, je v tomto případě ovlivněn zájmem o prohlubování a získávání dalších znalostí o psychických poruchách. Po velmi dlouhou dobu se neurovědecká komunita dívala na funkci mozku jiným způsobem než nyní a opomíjela tak pozorovatelné projevy psychických poruch v klidových stavech mozku. Mezi nejsledovanější poruchy psychiky se nyní řadí Alzheimerova choroba, deprese a schizofrenie. Veškeré články, v nichž se spojuje rámec výzkumu DMN a poruchy psychiky, se vyznačují atypickou funkcí DMN, která se projevuje jako zvýšená nebo snížená aktivita mozkových regionů, které tvoří tuto intrinsickou síť.

<sup>50</sup> RAICHLÉ – SNYDER, „A Default Mode of Brain Function: A Brief History of an Evolving Idea.“ s. 1083 (1083–1090). Originál: „Understanding how the brain works critically depends on the study of its intrinsic activity (i.e., activity not directly related to identifiable sensory or motor events).“

<sup>51</sup> KUHN, *Struktura vědeckých revolucí*, s. 35–36.

### **Alzheimerova choroba**

Raichle předpokládá, že: „Alzheimerova choroba může být jednoho dne charakterizována jako choroba DMN.“<sup>52</sup> O Alzheimerově chorobě se nyní neurovědci v rámci studia DMN vyjadřují jako o chorobě, která alteruje správnou funkci DMN. Taktéž předpokládají, že další a hlubší studium DMN otevře možnosti k mnohem rychlejší diagnóze této mentální choroby.<sup>53</sup> Mírná kognitivní porucha se objevuje u pacientů dříve a poté se ve většině případů vyvine do Alzheimerovy choroby. Výzkumy a pozorování Alzheimerovy choroby v rámci zkoumání DMN přináší několik nových a velmi důležitých informací o fyzických projevech a postupu této mozkové choroby.

V první řadě jde o narušení funkční konektivity mezi specifickými uzly DMN. Přesněji řečeno se jedná o sníženou či redukovanou funkční konektivitu mezi formací pravého hippokampu a dalšími uzly DMN, kterými v tomto případě jsou mediální prefrontální kortex, ventrální přední cingulární kortex, inferotemporal cortex, right cuneus, right superior a middle temporal gyrus a zadní cingulum. Taktéž bylo popsáno pozorování zvýšení konektivity mezi levým hippokampem a pravým dorzolaterálním prefrontálním kortexem.<sup>54</sup>

Zmíněná snížená konektivita DMN byla pozorována nejen u pacientů trpících Alzheimerovou chorobou, ale taktéž u pacientů s tzv. mírnou kognitivní poruchou. Na základě pozorování projevů konektivity DMN lze tak stanovit důležité rozdíly mezi normálními pacienty, pacienty s mírnou kognitivní poruchou a pacienty postiženými Alzheimerovou chorobou. Tyto projevy konektivity DMN mohou sloužit jako důležité markery, které se dají použít jak pro odlišení mezi jednotlivými skupinami pacientů, tak pro rychlejší diagnózu a rychlejší definování propukání Alzheimerovy choroby, což je nejdůležitější pro jakoukoli další léčbu této mentální choroby. Pacienti s mírnou kognitivní poruchou mohou být taktéž odlišeni jak od normálních pacientů, tak od pacientů s Alzheimerovou chorobou na základě rozsahu deaktivací regionů DMN během nastávání kognitivních úkolů, které v tomto

<sup>52</sup> RAICHLE, „The Brain’s Dark Energy,“ s. 33 (28–33). Originál: „Alzheimer’s, in fact, may one day be characterized as a disease of the DMN.“

<sup>53</sup> RAICHLE, „Two Views of Brain Function.“

<sup>54</sup> Samantha J. BROYD – Charmaine DEMANUELE – Stefan DEBENER – Suzannah K. HELPS – Christopher J. JAMES – Edmund J.S. SONUGA-BARKE, „Default-mode Brain Dysfunction in Mental Disorders: A Systematic Review.“ *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, roč. 33, 2009, s. 279–296.

případě vyžadují aktivitu pracovní paměti.<sup>55</sup> Jedná se o midle frontal gyrus, anterior cingulate gyrus a zadní cingulum. Výzkumy prokázaly, že deaktivace byly omezeny v případě pacientů s mírnou kognitivní poruchou, na rozdíl od zdravé kontrolní skupiny pacientů, u níž docházelo k deaktivaci přirozeným způsobem. V případě pacientů s Alzheimerovou chorobou byly tyto deaktivace uzlů DMN omezeny ještě více než v případě pacientů s mírnou kognitivní poruchou.<sup>56</sup>

Někteří autoři taktéž argumentují genetickými predispozicemi vůči Alzheimerově chorobě, které se projevují právě prostřednictvím atypických deaktivací DMN. Jedná se o hypotézu, že lidé, kteří disponují rizikem vypuknutí Alzheimerovy choroby, mají z genetického hlediska sníženou schopnost deaktivace DMN při přechodu do aktivní kognice vyžadující pozornost.<sup>57</sup>

Existují taktéž další hypotézy, které vycházejí ze spojení mezi Alzheimerovou chorobou a atypickou funkcí DMN. V těchto myšlenkách je prezentován názor, který DMN spojuje s výchozím nastavením mozku, které spravuje tzv. baseline.<sup>58</sup> Při přirozeném stárnutí nebo během Alzheimerovy choroby tento systém, jenž spravuje aktivace a deaktivace mozkových regionů začíná degenerovat. Poškození tohoto systému baseline je tak spojováno s Alzheimerovou chorobou. Celý systém aktivací a deaktivací mozkových regionů je tak narušen špatnou funkcí mozkové baseline.<sup>59</sup>

## Schizofrenie

Schizofrenie je rovněž v rámci současných koncepcí spojována s narušením konektivity, avšak tato atypická konektivita se nevztahuje pouze k DMN, ale taktéž k tzv. pozornostnímu systému, který je tvořen mozkovými regiony, jež odpovídají za aktivní kognici. Jedná se především o zvýšenou funkční konektivitu DMN a taktéž zvýšenou funkční konektivitu pozornostního systému, který představuje antikorelativní mozkovou funkci vůči DMN. Jednoduše to znamená, že se tyto dva systémy u kontrolní skupiny pacientů posléze nahrazují, podle toho, zdali je člověk v klidovém stavu nebo ve stavu aktivní kognice. Obě dvě zvýšené konektivity zmíněných mozko-

<sup>55</sup> *Ibid.*

<sup>56</sup> *Ibid.*

<sup>57</sup> *Ibid.*

<sup>58</sup> GUSNARD – RAICHLE, „Searching For a Baseline.“

<sup>59</sup> BROYD *et al.* „Default-mode Brain Dysfunction in Mental Disorders.“ GUSNARD – RAICHLE, „Searching For a Baseline.“

vých systémů byly přítomny u pacientů diagnostikovaných s paranoidní schizofrenií.<sup>60</sup>

V tomto ohledu se předpokládá, že zvýšená aktivita mozkových systémů činí tyto pacienty extrémně citlivé, jak na myšlenky vůči vnějšímu prostředí při aktivní kognici, tak při introspektivních mentálních fenoménech, o kterých se předpokládá, že nastávají v rámci DMN.<sup>61</sup> Taktéž zvýšená funkční konektivita mezi DMN a dalšími klidovými sítěmi se nyní hypoteticky považuje za zdroj halucinací u schizofrenních pacientů.<sup>62</sup>

### **Deprese**

Přesněji definována jako chorobně smutná nálada se nalézá mezi předními a nejrozšířenějšími mentálními poruchami. Zkoumání deprese a jejích vazeb na DMN je protkáno s hypotetickými myšlenkami o korelacích mezi DMN a introspektivními mentálními fenomény, kterými jsou depresivní pacienti postiženi.

Pozorování založená na funkční magnetické rezonanci prokázala, že subgenuální cingulum přispívá zvýšenou aktivitou k přirozené aktivitě DMN a jeho specifická zvýšení v aktivitě jsou úměrná délce depresivní epizody.<sup>63</sup>

Taktéž je pozorovatelná zvýšená konektivita talamu a limbického systému. Mnozí tak předpokládají, že zvýšená konektivita v limbickém systému s afektivními regiony negativně ovlivňuje další mozkové regiony, které zodpovídají za kognitivní procesy.<sup>64</sup>

Během vystavení stimulům, které jsou v podobě neutrálních slov, se DMN chová u diagnostikovaných pacientů s úzkostí (anxiety) stejným způsobem jako u kontrolních skupin pacientů. Ovšem v případech, kdy jsou neutrální slova zaměněna slovy hrozivými, začne DMN vykazovat u pacientů atypické změny při aktivaci a deaktivaci regionů. Pacienti vykazují sníženou

<sup>60</sup> BROYD *et al.* „Default-mode Brain Dysfunction in Mental Disorders.“

<sup>61</sup> *Ibid.*

<sup>62</sup> *Ibid.*

<sup>63</sup> Michael D. GREICIUS – Benjamin H. FLORES – Vinod MENON – Gary H. GLOVER – Hugh B. SOLVASON – Heather KENNA – Allan L. REISS – Alan F. SCHATZBERG, „Resting-State Functional Connectivity in Major Depression: Abnormally Increased Contributions from Subgenual Cingulate Cortex and Thalamus.“ *Biological Psychiatry*, roč. 62, 2007, č. 5, s. 429–437.

<sup>64</sup> *Ibid.*

deaktivaci mediálního prefrotálního kortexu a zvýšenou deaktivaci zadního cingula.<sup>65</sup>

Výše uvedené poruchy psychiky a jejich projevy v DMN jsou jen základním vhledem do současných výzkumů. V rámci specifických výzkumů se nyní sledují například i projevy DMN při diagnostikovaném autismu, epilepsii, roztroušené skleróze, Parkinsonově chorobě, chronické bolesti a syndromu fragilního X.<sup>66</sup> Jedná se o zcela nová data o těchto poruchách psychiky či mentálních chorobách, jelikož se mění paradigmatické přesvědčení o mozkové aktivitě, na kterou nebyl v minulém paradigmatu brán velký zřetel.

Dalším možným důsledkem nového paradigmatu DMN je například zkoumání vědomí. Prostřednictvím snímání DMN a na základě síly propojenosti a konektivity uzlů DMN lze pozorovat obecně stanovené úrovně vědomí: kóma, vegetativní stav, minimální vědomí a normální vědomí.<sup>67</sup> Marcus Raichle taktéž předpokládá, že DMN bude vhodným nástrojem pro další zkoumání vědomí, jako mnohem hlubšího fenoménu, než jen jeho pouhého omezení na několik popsatelných úrovní.<sup>68</sup>

Je nutné rozlišovat, jak zásadní revolucí DMN je. Kuhn například tvrdí, že

existují *revoluce jak malé, tak velké*, [...] některé revoluce se týkají pouze členů nějakého podboru a [...] pro skupinu vědců v takovém podboru může být revolucí objev nějakého neočekávaného jevu. [...] Pro ostatní odborníky a pro ty, kteří provozují některou z jiných fyzikálních věd, tato změna nemusí být vůbec revoluční.<sup>69</sup>

Lze se domnívat, že v případě DMN se jedná o velkou revoluci v rámci celé neurovědy, tj. věd, které se zabývají přímo mozkovou aktivitou, jako například radiologie a neurologie, a věd které se zabývají projevy této aktivity, jako například psychiatrie nebo psychologie. Na další vědecké obory, jako je

<sup>65</sup> BROYD *et al.* „Default-mode Brain Dysfunction in Mental Disorders.“

<sup>66</sup> *Ibid.*

<sup>67</sup> Adam ZEMAN, „Consciousness.“ *Brain*, roč. 124, 2001, č. 7, s. 1263–1289. Audrey VANHAUDENHUYSE – Quentin NOIRHOMME – Luaba J.-F. TSHIBANDA, – Marie-Aurelie BRUNO – Pierre BOVEROUX – Caroline SCHNAKERS – Andrea SODDU – Vincent PERLBARG – Didier LEDOUX – Jean-Francois BRICHNAT – Gustave MOONEN – Pierre MAQUET – Michael D. GREICIUS – Steven LAUREYS – Melanie BOLY, „Default Network Connectivity Reflects the Level Of Consciousness in Non-communicative Brain-damaged Patients.“ *Brain*, roč. 133, 2010, č. 1, s. 161–171.

<sup>68</sup> RAICHLE, „The Brain’s Dark Energy.“

<sup>69</sup> KUHN, *Struktura vědeckých revolucí*, s. 59–60.

fyzika nebo chemie, velký vliv DMN zřejmě mít nebude. Jedná se tak v rámci množiny celé vědy o malou vědeckou revoluci, avšak v oboru neurovědy se jedná o revoluci velkou.

O velkou revoluci se jedná i na poli specifických uzavřených výzkumů, které probíhají v neurovědě samotné, jelikož tímto způsobem se mění nahlížení na charakter mozkové aktivity, který už není podřízen pouze aktivní stimulaci, jež vyvolá specifickou cerebrální aktivitu. Malou revolucí na poli neurovědy byly například Sperryho a Gazzanigovy objevy o jazykových funkcích levé mozkové hemisféry či objev mirror neuronů<sup>70</sup>. Tyto objevy byly samozřejmě velmi přínosné, ale oba proběhly pod „reflexivním“ paradigmatem, kde hrály velkou roli stimulace mozku a nikoli klidové stavy.

Stejně ale jako je DMN velkou revolucí, kterou lze chápat jako zásadní přehodnocení vědeckého nahlížení na mozek a jeho aktivitu, proběhla v posledních letech na tomto samém poli neurovědy podobně velká revoluce. Celé dvacáté století bylo pod tíhou paradigmatu, které tvrdilo, že počet neuronů v mozku je fixní a žádné nové neurony se v mozku nemohou objevit či zrodit. V posledních několika letech je toto paradigma překonáno a je nahrazeno novým paradigmatem, které lze označit za paradigma „neurogenze“. Toto paradigma tvrdí opak a to, že nové neurony se v mozku objevují a jsou „zrozeny“ v hippokampálních formacích. Paradigma „neurogenze“ lze považovat taktéž za velkou revoluci, jelikož se stejně jako v případě DMN absolutně obrací nahlížení na charakter mozku.

Malé revoluce jsou tudíž v neurovědě specifické objevy, avšak revoluce velké jsou v neurovědě spojeny se změnou přesvědčení o charakteru mozku a jeho aktivity. O novém paradigmatu Kuhn také tvrdí, že

*nové paradigma [musí být] příslibem toho, že zachová poměrně velkou část již existující schopnosti řešení problémů, kterou věda získala z jeho předchůdců. Novinka není na rozdíl od jiných tvůrčích oborů pro vědu žádoucí. Proto i když nové paradigma má jen zřídka stejné schopnosti jako jeho předchůdce nebo je nemá vůbec, obvykle si do značné míry uchová nejkonkrétnější části dosavadních výsledků a mimoto vždy připouští i další konkrétní řešení problémů.<sup>71</sup>*

DMN v žádném případě nijak nevyklučuje či naivně nefalsifikuje výsledky a pozorování předchozích výzkumů, které spadaly pod „reflexivní“ paradigma. Příchod DMN na pole neurovědy v žádném případě nezamezuje

<sup>70</sup> Neurony aktivující se stejným způsobem během úkonu nebo při pozorování stejného úkonu u jiného subjektu.

<sup>71</sup> KUHN, *Struktura vědeckých revolucí*, s. 167.



pozorování responsivních aktivit mozku na stimuly vnějšího prostředí, či koaktivace mozkových regionů během plnění kognitivních úkolů.

Pozorování DMN taktéž není vázáno na speciální metody snímání. DMN se pozoruje stejným způsobem jako mozkové funkce vyžadující aktivní pozornost a vyvolanou aktivitu, tudíž v rámci pozorovacích neinvazivních metod – funkční magnetické rezonance a pozitronové emisní tomografie.

Paradigma DMN zachovává výsledky předchozího paradigmatu, které lze replikovat prostřednictvím kognitivních úkolů vyžadujících aktivní kognici, jež je velmi jednoduše vyvolatelná. Proto lze uvažovat o „reflexivních“ funkcích mozku a aktivní kognici jako o případu, který je vysvětlitelný a vyvstávající ze specifických funkcí DMN. Kuhn říká:

Na základě těchto a několika dalších podmínek *se proto dá newtonovská teorie odvodit z teorie einsteinovské jako její speciální případ*. [...] I když lze na starší teorii pohlížet jako na zvláštní případ jejího aktuálního nástupce, je nutno ji pro tento účel pozměnit. A tato přeměna se dá podniknout jen [...] pod výslovným vedením teorie novější.<sup>72</sup>

Předchozí „reflexivní“ paradigma a s ním spojené výzkumy se taktéž dají chápat jako speciální případ nového paradigmatu DMN. Jak bylo mnohokrát řečeno výše, DMN je plně aktivní v klidových stavech mozku a pokud je vyžadována aktivní kognice nebo reagování vůči vnějšímu prostředí, regiony DMN vykáží charakteristickou deaktivaci a aktivují se regiony zodpovídající za aktivní kognici. Tyto aktivace pozornostního systému se vysvětlují, jako aktivace z tzv. základní funkce mozku (*baseline*), kterou je právě DMN.<sup>73</sup> Baseline představuje fyziologický základ mozkové funkce a je pozorovatelná v klidových stavech DMN. Funkce této baseline je mimo jiné i dalším příslibem výzkumu nového paradigmatu. Zkoumání DMN jakožto baseline mozkové funkce je zkoumání základu mozkové aktivity, od níž se odvíjejí další specifické aktivity mozku. Předpokládá se, že funkce baseline spočívá především ve funkčních aspektech synaptické transmise.<sup>74</sup>

O existenci anomálií se Kuhn vyjadřuje takto: „Při vědeckém výzkumu se však nové a *neočekávané jevy opakovaně objevují*.“<sup>75</sup> Při výzkumu a pozorování mozku se opakovaně anomální jevy objevovaly. Tyto anomálie ve vědeckém výzkumu nebyly vědeckou komunitou reflektovány a v zásadě byly

<sup>72</sup> *Ibid.*, s. 104–107.

<sup>73</sup> GUSNARD – RAICHLE, „Searching for a Baseline.“

<sup>74</sup> *Ibid.*

<sup>75</sup> KUHN, *Struktura vědeckých revolucí*, s. 62.

z pozorování vylučovány pro zachování přesnějších statických dat jednoho konkrétního výzkumu. Anomálními jevy, s nimiž „reflexivní“ paradigma nezaobíralo, byly právě snížení aktivity uzlů DMN. Nelze tudíž v žádném případě hovořit o tom, že DMN bylo objevené náhodně. Projevy této intrin-sické sítě v podobě jejích deaktivací při započítí specifických „reflexivních“ výzkumů vidělo mnoho výzkumných pracovníků. Těmto anomáliím však chyběla obecně uznávaná teorie, která by vysvětlovala tyto opakující se jevy.

Anomálie se vyznačovaly jak opakovanou frekventovaností, tak i konzistencí při deaktivaci.<sup>76</sup> Jednalo se tudíž o snížení aktivity regionů mozku, nyní nazývané DMN, v případech, kdy subjekt přešel do stavů aktivní pozornosti a reflexivní kognice, které byly hlavní náplní výzkumu minulého paradigmatu. V tomto ohledu je možné o těchto deaktivacích hovořit jako o anomáliích vyskytujících se a opakujících se v minulém „reflexivním“ paradigmatu. Ovšem je nutné uvážit, že tyto anomálie nevyvolaly fázi krizové vědy, která by vyústila ve vědeckou revoluci, v níž by vyhrála teorie DMN. DMN přišlo na světlo neurovědy jako vysvětlující teorie zmíněných deaktivací. I přestože „reflexivní“ paradigma bylo s těmito sníženími aktivity srozuměno, ve svých výzkumech je opomíjelo a soustředilo se na výzkumy vlastní. Tato snížení tak nebyla oním prvotním hybatelem, který by vyústil v krizovou vědu – neurovědu.

Teorie DMN je vědeckou revolucí, která nastala bez fáze krizové vědy. I přestože tak DMN plně neodpovídá Kuhnovu modelu vědecké revoluce, nelze ho nepovažovat za plnohodnotnou vědeckou revoluci. DMN vzbudilo všeobecně velký zájem a současné výzkumy přináší mnoho nových a zpřesňujících informací o mozkové funkci. DMN se tak stalo novým „klidovým“ paradigmatem, které už nelze v moderní neurologii opomíjet. Jelikož se zde tvrdí, že neproběhla fáze krizové vědy, je proto vhodné zdůraznit, že také nedošlo ke zmnožení verzí jedné teorie, která je právě příznakem vědecké krize a svým charakterem se podobá se předparadigmatické fázi vědy.<sup>77</sup> „Reflexivní“ paradigma se neocitlo v krizi kvůli pozorovatelným anomáliím v procesu kumulativního výzkumu a DMN nebylo jednou z mnoha teorií, které by tyto anomálie vysvětlovaly. DMN tedy není vítězem mezi ostatními poraženými teoriemi, jelikož jiné teorie jako odpověď na anomálie nevznikly. Výzkumy předchozího „reflexivního“ paradigmatu jsou stále

<sup>76</sup> RAICHLE – SNYDER, „A Default Mode of Brain Function: A Brief History of an Evolving Idea.“

<sup>77</sup> KUHN, *Struktura vědeckých revolucí*, s. 79–80.

aktuální a stále pokračují, avšak zkoumání klidových sítí tyto výzkumy obohacuje revolučním způsobem, který nelze nereflektovat.

Přijetí DMN jako právoplatné teorie na poli neurovědy ovšem neproběhlo bez problémů. V rámci předchozího paradigmatu byla teorie, dnes obecně známá jako DMN, vědeckou komunitou zamítnuta. První zveřejnění pozorování a naměřených výsledků bylo zamítnuto a označeno jako měření kontroverzní a spekulativní.<sup>78</sup> První zveřejnění intrinsické sítě proběhlo v roce 1998 a zůstalo bez širšího povšimnutí, než byla teorie všeobecně přijata díky měřením dalších laboratoří. Tyto laboratoře vykázaly stejné výsledky jako v originálních měřeních a tudíž provedli tzv. replikaci původních dat.<sup>79</sup>

I přestože DMN zcela nesplňuje Kuhnův model jednotlivých fází vědy, jiné aspekty jeho hypotézy o vývoji vědeckého myšlení splňuje. Například neviditelnost vědeckých revolucí je podle Kuhna způsobena tím, že ve světě nového paradigmatu je předchozí paradigma nepoužitelné. Je proto nutností přepsat vědecké publikace a učebnice, které povedou k novému programování dalších vědeckých pracovníků a jejich studentů. DMN se ve vědeckých publikacích začíná objevovat až po roce 2010 a dřívější publikace (učebnice) ve velké míře vůbec nereflektují klidové síť mozku.

## 5. Závěr

Lze se samozřejmě pokusit na tento vědecký fenomén aplikovat i jiné modely, které se ve filosofii vědy objevily. Nabízí se například sofistikovaná falsifikace Imreho Lakatose. Lakatosův model pracuje s tzv. vědeckými výzkumnými programy, jež se mohou rozvíjet současně. Odlišují se tzv. tvrdým jádrem teorie, které je po dobu vývoje programu chráněno negativní heuristikou od modifikací. Programy provádí svůj vlastní výzkum a postupnou falsifikaci svých dat a výsledků pozorování, ale nikdy bezhlavě neútočí na svá jádra. Neexistuje tedy jedna obecně přijímaná teorie vystupující jako paradigma, ale existuje mnoho na sobě nezávislých vědeckých programů, z nichž každý sleduje svůj specifický výzkum. Už nyní se však zdá být velmi problematická samotná identifikace tvrdého jádra a ochranného pásu s předchozím či stávajícím přesvědčením o mozkové aktivitě.

Kuhnův model vědeckých revolucí proto lépe vystihuje proměnu koncepcí mozku u vědecké komunity. Ukázalo se, že DMN v mnoha ohledech

<sup>78</sup> RAICHLE – SNYDER, „A Default Mode of Brain Function: A Brief History of an Evolving Idea.“

<sup>79</sup> RAICHLE, „A Paradigm Shift in Functional Brain Imaging.“

takovou vědeckou revolucí je. Vědecká komunita očekává od výzkumu této intrinsické sítě velké výsledky. V současné době se neurověda snaží spojit funkci DMN s dalšími specifickými projevy mozku jako např. neurogenézí, neuroplasticitou – tvorbou synaptických vazeb mezi neurony, projevy vědomí, abstraktního a konkrétního myšlení atd. Na druhou stranu je studium DMN i filosofickým problémem, který není evidentní pouze na poli filosofie vědy, ale lze očekávat, že DMN bude hrát podstatnou roli i v diskusích o fenomenálních projevech vědomé zkušenosti na poli filosofie mysli.