

# Pracovní paměť a exekutivní funkce. Koncepte, vztahy a kontroverze.

Working memory and executive functions.

Concepts, relationships and controversies.

**Oleg Czop / Anton Heretik**

Psychologický ústav, Filozofická fakulta, Masarykova univerzita, Brno

Korespondenční údaje: Psychologický ústav, Filozofická Fakulta, Masarykova Univerzita, Arna Nováka 1, 602 00 Brno,  
e-mail: czop@mail.muni.cz

## Abstrakt

I přes to, že pojem pracovní paměti je v současnosti snad nejlivnější konceptem kognitivní psychologie, panuje ohledně pracovní paměti mnoho teoretických nejasností. Spory se také vedou ohledně empirického hodnocení výkonu jednotlivých kognitivních procesů, a tedy ohledně určování kapacity pracovní paměti. I z důvodů historických souvislostí je koncept pracovní paměti velmi úzce spjat s exekutivními funkcemi, pozorností a různými druhy paměti a to až do té míry, že je někdy obtížné jednotlivé koncepty od sebe odlišit. Teoretický vývoj v posledních dvou desetiletích posunul koncept pracovní paměti od paměťového spíše k pozornostnímu a exekutivnímu fenoménu. Pracovní paměť jako pozornostní fenomén má vztah k celé řadě úloh i každodenních situací včetně fluidní inteligence nebo schopnosti sebekontroly. Tento článek se snaží osvětlit současnou situaci kolem těchto konstruktů, nastínit různé definice a přístupy ke konceptu pracovní paměti a poukázat na nové poznatky v této oblasti.

## Klíčová slova

pracovní paměť, exekutivní funkce, pozornost, sebekontrola

## Abstract

Despite the concept of working memory is currently perhaps the most influential concept of cognitive psychology, there is a lot of theoretical haziness. Conflicts arise also regarding the empirical evaluation of the performance of particular cognitive processes, thus about determination of working memory capacity. Because of the historical context the concept of working memory is closely linked to executive functions, attention and various types of memory to the extent, that makes it sometimes impossible to distinguish specific concepts. Theoretical development in last two decades shifted the concept of working memory from memory phenomena more towards attentional and executive phenomena. Working memory as attentional phenomenon is linked to various laboratory tasks and real-world situations including fluid intelligence or self-control. This article aims at clarifying present situation regarding these constructs and indicate different definitions and approaches to this concept as well as to refer to new knowledge in this field.

## Key words

working memory, executive functions, attention, self-control

## Pracovní paměť

Jak konstatují Baars a Franklin (2003) jeden z nejlivnějších konstruktů kognitivní psychologie v posledních desetiletích je koncept pracovní paměti. Avšak i přes počet vydaných prací na toto téma, je v této oblasti více rozporů než toho, co je všeobecně přijímáno.

Koncept pracovní paměti (working memory – WM) vyvstává ze staršího rozdělení paměti, již z dob Williama Jamese (1890), na primární a sekundární paměť. Toto rozlišení přibližně odpovídá dnešnímu dělení na krátkodobou a dlouhodobou paměť. Ve své knize James citoval rozšířený názor, který ani dnes není rozhodně obsolentní, že „bez paměti by nebylo žádných vědomých počítků“. Po dlouhém období stagnace, kdy tehdy vlivné psychologické směry, hlavně psychoanalýza a behaviorismus měly jiné výzkumné priority, přišli Atkinson a Shiffrin (1968) se svým tříložkovým modelem paměti. Pracovní paměť zde figurovala jako krátkodobé úložiště informací, které spojuje jak informace ze sensorického registru, tak z dlouhodobé paměti. Baddeley a Hitch (1974) přišli poté se svým modelem pracovní paměti, kde centrální exekutiva funguje jako koordinátor zpracovávaných informací.

Jak je v psychologii dobrým zvykem, pracovní paměť jako konstrukt nemá jednotně přijímanou definici. V Cambridžském slovníku psychologie je následující definice pracovní paměti: „pracovní paměť odpovídá dočasnému uložení informací, které jsou v danou chvíli využívány při kognitivní úloze“ (Matsumoto, 2009). Avšak jak uvidíme dále, situace je poněkud více komplikovaná.

Nejnámější model pracovní paměti pochází od autorů Baddeleyho a Hitche (1974). Ten předpokládá rozdělení pracovní paměti na podřízené systémy uchovávání informací (**fonologická smyčka** – phonological loop a **prostorový náčrtník** – visuospatial sketchpad). Nejdůležitější částí modelu je však **centrální exekutiva** (central executive) která dle původního modelu koordinuje tyto dva subsystémy spolu s přístupem informací z/do dlouhodobé paměti. V roce 2000 Baddeley přidal do modelu ještě **epizodický zásobník** (episodic buffer), protože celý systém nedisponoval složkou pro práci s multimodálními daty. V původním modelu centrální exekutiva disponovala svým vlastním paměťovým modulem, ale ten byl vyňat (Baddeley, 1986), aby se o pár let později vrátil právě ve formě epizodického zásobníku. Jak poznamenává Cowan (2005) je však otázkou, zda je rozdělení podřízených systémů strukturální, či jen funkční. Tedy zda existuje separátní úložiště např. pro fonologická data, nebo je toto rozlišení zapříčiněno pouze vlastnostmi obsahů a mechanismů pro obnovení těchto obsahů. Udržet v paměti telefonní číslo opakovaním je velmi přirozený úkol, udržet v paměti tvar nepravidelného pětiúhelníku stejným způsobem je prakticky nemožné.

Existuje mnoho dalších teorií pracovní paměti, jejichž popis několiknásobně přesahuje možnosti tohoto textu. Yuan, Shavelson, Alonzo a Pezzo (2006) ve svém přehledovém článku uvádí, že teorie pracovní paměti lze rozdělit na **modely vyzdvihující strukturu a funkci** (Baddeley & Hitch, 1974; Cowan, 1999; Engle, Kane, & Tuholski, 1999; Oberauer, Suß, Wilhelm, & Wittmann, 2003), **modely zdůrazňující procesy pracovní paměti** (Kieras, Meyer, Mueller, & Seymour, 1999; Lovett, Reder, & Lebiere, 1999; Young & Lewis, 1999) a **modely zdůrazňující zdroj obsahu pracovní paměti** (Ericsson & Kintsch, 1995).

Ohledně struktury pracovní paměti nepanuje konsenzus. Například Cowan (2005) obchází problém modalit, který vzniká u modelu Baddeleyho a Hitche (1974) tím, že re-



mluví o pracovní paměti, či kapacitě pracovní paměti, má se na mysli složka, kterou Baddeley a Hitch označili jako centrální exekutivu (Kane, Engle, & Tuholski, 1999). Pracovní paměť tak paradoxně není tolik o paměti per se, jako o systému řízení pozornosti.

Jaký je tedy rozdíl mezi pozorností a pracovní pamětí, která má pozornost kontrolovat? Je jasné, že oba koncepty se přibližují. I pokud budeme vycházet z teorií WM jako kontrolované pozornosti, je pozornost širším fenoménem. Podle současné taxonomie (Fougnie, 2008; Geva, Zivan, Warsha, & Olchik, 2013) je pozornost dělena na tři relativně nezávislé systémy (1) poplachová pozornost (alerting), také charakterizována jako připravenost k přijímání informací a k jednání (2) pátrací pozornost (orienting) vybírá preferované informace pro další zpracování a (3) exekutivní pozornost, jejíž funkcí je např. monitorování chyb, překonávání habituálních reakcí atd. Někteří teoretici navrhnou jednodušší dělení na senzoryckou a centrální pozornost, kde v zásadě dochází pouze ke sjednocení poplachové a pátrací pozornosti do jednoho konceptu. Z tohoto dělení je patrné, že koncept WM je těsně spjat právě s exekutivní (centrální) pozorností, jež je založena na zpracovávání post-senzoryckých informací. Z tohoto také vyplývá, že nemůžeme mít jedinou teorii pozornosti s jasně určeným filtrem brzkého či pozdního zpracování informací (např. Broadbent, 1958; Deutsch & Deutsch, 1963).

Operacionalizace a důraz na epistemologickou (tzn. jak získat poznání, jak měřit pracovní paměť) spíše než ontologickou stránku věci (co to je pracovní paměť) vede k paradoxní situaci, která však v psychologii není až tak neobvyklá. Panuje tak větší shoda nad tím, jak se pracovní paměť měří, než co to vlastně pracovní paměť je. Pokud bychom parafrázovali Boringa<sup>1</sup> pracovní paměť je to, co měří duální úlohy (Barret, Taugde, & Engle, 2004). Duální úlohy (dual tasks) měří schopnost simultánně zpracovávat a uchovávat informaci. V matematické verzi této úlohy (OSPAN – operation span) má proband za cíl hodnotit správnost řešení aritmetických úloh a současně si zapamatovat jednotlivá slova či písmena. Participantovi je tak předložena aritmetická úloha, u níž má hodnotit správnost  $(16/4 + 8) = 12$  a poté je mu prezentováno písmeno či slovo určené k zapamatování. Tato úloha se opakuje zpravidla 3–7x a celkový skóre probanda, označovaný jako **kapacita pracovní paměti** (WMC – working memory capacity) je pak počet slov (písmen), která si je proband schopen bezchybně vybavit, s tím, že přesnost odpovědí na aritmetickou část nesmí klesnout pod kritickou hodnotu (většinou 80–90%). Oproti zkouškám krátkodobé paměti, mají výsledky v těchto úlohách predikční schopnosti ohledně široké škály laboratorních i každodenních úloh, jako je schopnost porozumět testu, fluidní inteligence, schopnost vybavit si položky z dlouhodobé paměti, řešení problémů, logické myšlení, a mnoho dalších (Barret, Taugde, & Engle, 2004). To co duální úlohy měří navíc oproti testům krátkodobé paměti je **exekutivní pozornost** (Engle, Tuholski, Laughlin, & Conway, 1999), nebo také kontrolovaná pozornost (Kane & Engle, 2002). Kane, Engle a Tuholski (1999) tvrdí, že kapacita pracovní paměti je schopnost udržet zaměřenou pozornost v přítomnosti interference nebo distraktorů. To je však ve světle nových poznatků naprosto logické. Pokud by pracovní paměť byla primárně paměťovým systémem, bylo by velmi obtížné vysvětlit její vztah k různým laboratorním i každodenním úkonům. Pracovní paměť má například těsný vztah k úlohám zaměřeným na inhibici automatických reakcí jako jsou Stroopův test, antisakadický test, nebo go/no go task, (Elkovska & Engle

1) „Intelligence je to, co měří inteligenční testy.“ E. G. Boring. Intelligence as the tests test it. *New Republic*, 35:35–37, 1923.

2010). Pracovní paměť má také těsný vztah k fluidní inteligenci a Spearmanově „g“ faktoru (Conway, Kane, & Engle, 2003; Unsworth, Fukuda, Awh, & Vogel, 2014), k úlohám zaměřeným na překonávání interference (Kane & Engle, 2000) a k úlohám zaměřeným na seberegulaci (viz níže).

Pracovní paměť z tohoto úhlu pohledu je právě reprezentována centrální exekutivou. Ta se nepovažuje za unitární systém, ale její funkce se považují za složené z různých pod-systémů. Baddeley (2007) považuje za funkce centrální exekutivy:

- (1) schopnost zaměřit pozornost,
- (2) schopnost rozdělovat pozornost,
- (3) schopnost přepínat pozornost,
- (4) propojování pracovní paměti a dlouhodobé paměti.

Podobně Smith a Jonides (1999) předkládají svůj seznam funkcí pracovní paměti, který považují za konsenzuální mezi většinou kognitivních vědců. Za funkce pracovní paměti považují:

- (1) zaměření pozornosti na relevantní procesy a informace a inhibice těch irrelevantních,
- (2) přepínání pozornosti,
- (3) plánování jednotlivých podúkolů pro dosažení daného cíle,
- (4) zavádění, obnovování a kontrola obsahů pracovní paměti,
- (5) kódování mentálních reprezentací v závislosti na místě a čase.

Vlivná skupina vědců vydává podobný, avšak také odlišný pohled na věc (Hofmann, Friese, Schmeichel, & Baddeley, 2011) podle níž jsou funkce tyto:

- (1) koncentrace pozornosti na informace relevantní pro danou úlohu či cíl,
- (2) flexibilní, kontextově relevantní manipulace s obsahy pracovní paměti,
- (3) inhibice irrelevantních odpovědí a informací.

## Exekutivní funkce

Při sledování výše uvedených funkcí WM i historického vývoje je možné pozorovat, jak se koncepty pracovní paměti stále více překrývají s takzvanými exekutivními funkcemi (také označovanými jako funkce frontálních laloků). Oba termíny se používají zaměnitelně, z historického hlediska byly vyšší funkce jako plánování nebo kontrola impulzů lokalizovány právě do čelních laloků. Tento termín se stále používá s tím vědomím, že některé tyto funkce jsou závislé i na jiných částech mozku a naopak čelní laloky hostí funkce, které nejsou považovány za exekutivní (Miyake et al., 2000).

Vztah mezi pracovní pamětí a exekutivními funkcemi je nejasný. Z valné části je tomu tak proto, že neexistuje definice toho, co jsou to vlastně exekutivní funkce. Exekutivní funkce jsou většinou popisovány jako komplexní procesy vedoucí k chování zaměřenému na cíl (goal directed behaviour), a chování v nerutinních a nových situacích (Hughes, 2009 In: Goldstein & Naglieri 2013).

Například Delis-Kaplanova baterie exekutivních funkcí měří následující subškály:

- (1) flexibilitu přemýšlení,
- (2) inhibici,
- (3) řešení problémů,
- (4) plánování,
- (5) kontrolu impulzů,
- (6) formování konceptů,
- (7) abstraktní myšlení,
- (8) kreativitu (Delis, Kaplan, & Kramer, 2001).

Konstrukt exekutivních funkcí často slouží jako zastřešující termín pro jakékoli vyšší mozkové funkce (Tab. 1). Za EF jsou často považovány funkce jako verbální uvažování, řešení problémů, plánování, schopnost udržet pozornost, schopnost odolat interferenci, multitasking, kognitivní flexibilita či schopnost vyrovnat se s novými situacemi (Chan, Shumb, Touloupoulou, & Chen 2008). Pokud ne všechny, tak značná část z těchto schopností je také popisována jako závislá na pracovní paměti (Barrett, Tugade, & Engle, 2004). Stejně jako v případě pracovní paměti vyvstává otázka, zda je povaha exekutivních funkcí unitární, nebo složená z více funkcí. Důkazy jsou pro obě verze (Jurado & Rosselli, 2007). Nejvlivnějším konceptem je struktura exekutivních funkcí, kterou empiricky zkoumali Miyake et al. (2000). Tito autoři potvrdili tři latentní faktory:

- (1) přepínání (shifting) mezi úlohami,
- (2) Inhibice (inhibition) neadekvátních odpovědí a informací,
- (3) obnova (updating) včetně udržování adekvátních obsahů v pracovní paměti.

Jurado a Rosselli (2007) považují pracovní paměť za jednoho z možných kandidátů na jednotící funkci exekutivních funkcí. Naopak jiní McCabe, Roediger, McDaniel et al., (2010) tvrdí, že pracovní paměť je kontrolována EF jelikož „Exekutivní funkce zahrnují kontrolní funkce spojené s inhibicí odpovědí, monitorováním a regulací výkonu, plánováním, pracovní paměť“ (p. 224, zkráceno). Na druhou stranu, Baddeley (2007) považuje centrální exekutivu za vykonavatele exekutivních funkcí. Engle a kol. (1999) tvrdí, že kontrolovaná pozornost (controlled attention), kterou tito autoři považují za stěžejní část pracovní paměti je zodpovědná za výkon exekutivních funkcí. McCabe et al. (2010, p. 226) tak uzavírají, že „většina výzkumníků se shodne na vztahu pracovní paměti a exekutivních funkcí, avšak míra do jaké tyto konstrukty sdílí společné vlastnosti, zůstává nejasná“. Autoři dále uvádějí, že společná pozornostní složka může vstupovat do obou konstruktů, což může vysvětlovat, že některé nástroje se používají pro měření obou konstruktů. Např. Stroopův test se používá jak pro měření pracovní paměti (Kene & Engle, 2003), tak také jako míra EF (Miyake et al., 2000).

Jak je vidět z výčtu vlastností obou konceptů, ty se do značné míry překrývají. To je dáno i historickými kořeny, kdy se neurologové zaměřovali na poruchy funkcí čelních laloků a na exekutivní funkce, naopak experimentální psychologové studovali tyto fenomény jako jakýsi emergentní jev, konstrukt podobný fluidní inteligenci, uvažování (Banich 2009, Salthouse & Davis, 2006). Rozdílnost obou modelů také pramení z rozdílného chápání pracovní paměti. Při poukazování primu exekutivních funkcí je pracovní paměť

chápana právě jako systém „udržování informací v aktivním stavu“ a je tedy ztotožňována s funkcí „updating“. Naopak, pokud se klade důraz na centrální exekutivu, je pracovní paměť chápána jako systém zaměřené pozornosti a tedy i jako systém zodpovědný za množství vyšších kognitivních (exekutivních) funkcí. Celý problém také vyvstává z toho, že Baddeley a Hitch převzali pro svůj model centrální exekutivy koncept SAS Normana a Shallice, který považuje supervizní aktivační systém za důležitou složku EF, a tedy přidělili centrální exekutivě mnohem vyšší pravomoci, než původně zamýšleli. Teoretický koncept kontroly pozornosti modelu SAS (supervisory activating system) Normana a Shallice (1986) vychází z předpokladu, že chování je řízeno dvěma subsystémy: první řídí chování implicitně pomocí podnětů z prostředí na úrovni naučených zvyků a/nebo schémat. Druhý systém SAS zasahuje v případech kolize schémat, kdy je rutinní kontrola nedostatečná, nebo v nových situacích. SAS je také schopen přepsat automatické chování v případě, že nevede k potřebným cílům, či by dané chování mohlo tyto cíle ohrozit. Doklady pro toto rozdělení vycházejí z každodenní zkušenosti, kdy se na cestě domů známou cestou zapomeneme zastavit v obchodě, nebo u kadeřníka, na což si vzpomene, až když jsme pohodlně usazení doma v křesle. Z klinických studií je takové chování patrné u pacientů s poškozením čelních laloků, kdy to, že vidí nějaký předmět je dostatečnou podmínkou k tomu, aby ho začali používat bez ohledu na okolnosti a vhodnost takového jednání.

Problém jak exekutivních funkcí, tak centrální exekutivy spočívá v tom, že tento argument ohledně řízení chování může pokračovat ad infinitum. Některými autory jsou tyto systémy přirovnávány k homunkulovi (Lovett, Reder, & Lebiere, 1999). Neboť způsob fungování těchto systémů zůstává záhadou a je pouze odkazováno na jejich aktivní kontrolu při řízení pozornosti popř. jiných systémů, bez toho aniž by bylo vysvětleno, jak je této kontroly dosaženo. Homunkulus je tedy jakýsi malý mužíček, který dělá všechna potřebná rozhodnutí. Kritika konceptu centrální exekutivy tedy je, že nezodpovídá otázku „jak“, ale pouze odkládá tuto odpověď o další úroveň. Pozornost neřídí člověk (vědomí, mysl, duch atd.), ale centrální exekutiva. A způsob jakým toho má být docíleno je nejasný. Sám Baddeley (2007) přiznává, že centrální exekutiva takovým homunkulem je. Jak ale dále obhajuje, i homunkulus může mít vysvětlující funkci za předpokladu, že označíte co všechno má tento mužíček obstarávat a následně odeberáte a vysvětlujete mechanismy jednotlivých funkcí. Ve chvíli, kdy takto vysvětlíte všechny funkce, homunkula již není potřeba.

Tabulka 1.

*Koncepty a komponenty exekutivních funkcí podle Jurado a Rosseli (2007)*

Autor	Koncepty a/nebo komponenty exekutivních funkcí
Lezak (1983)	Volní jednání, plánování, úmyslné akce, efektivní výkon
Baddeley a Hitch (1974)	Centrální exekutiva, fonologická smyčka, prostorový náčrtník, (epizodický zásobník)
Norman a Shallice (1986)	Supervizní pozornostní systém
Lafleche a Albert (1995)	Manipulace s informací, kognitivní flexibilita, formování konceptů, řízené chování

Autor	Koncepty a/nebo komponenty exekutivních funkcí
Borkowsky a Burke (1996)	Analýza úkolu, kontrola strategie, monitorování strategie
Anderson et al. (2001)	Kontrola pozornosti, kognitivní flexibilita, stanovení cíle
Delis et al. (2001)	Flexibilita přemýšlení, inhibice, řešení problémů, plánování, kontrola impulzivitu, formování konceptů, abstraktní uvažování, kreativita
Hobson a Leeds (2001)	Plánování, zahajování, udržování a změna záměrného chování
Piguet et al. (2002)	Formování konceptů, uvažování, kognitivní flexibilita
Elliot (2003)	Řešení nových problémů, modifikace chování ve světle nové informace, generování strategií, sekvencování komplexních akcí
Banich (2004)	Cílené a koordinované organizování chování. Reflexe a analýza dopadu použitých strategií

## WMC a seberegulace

Z výše uvedeného vztahu pracovní paměti a exekutivních funkcí je jasné, že pracovní paměť je těsně spojena i se schopností seberegulace (self-regulation) a sebekontroly (self-control). Někteří autoři tyto pojmy rozlišují, kdy považují seberegulaci za nadřazený pojem chování zaměřeného na cíl a sebekontrolu jako schopnost inhibice neadekvátního chování (Elkovska & Engle 2010). Jiní autoři tyto pojmy používají vzájemně zaměnitelně, protože oba termíny vyjadřují chování vyžadující vědomou kontrolu (Vohs & Baumeister, 2004).

Styčné body mezi pracovní pamětí a schopností seberegulace jsou vysvětlovány z pozice **Teorie duálních procesů** (Hofmann, Gschwendner, Castelli et al., 2008). Teorie duálních procesů předpokládá, že existují dva nezávislé procesy. Mnoho autorů používá různá pojmenování automatický versus kontrolovaný (Schiffrin & Schneider, 1977), spontánní versus úmyslný (Fazio, 1990), horký versus studený (Metcalf & Mischel, 1999), asociativní versus založený na pravidlech (Smith & DeCoster, 2000) impulsivní versus reflexivní (Strack & Deutsch, 2004), holistický versus analytický (Nisbett et al. 2001). V zásadě se ale všechny modely shodují na tom, že jeden systém je nevědomý, rychlý, automatický a kapacitně prakticky nelimitovaný. Druhý funguje na vědomé úrovni, je pomalý, záměrný, a velmi limitován kapacitou. Automatický systém generuje rychlé a spontánní odpovědi díky automatickému šíření aktivace v neuronové síti. Druhý systém je zodpovědný za překonávání habituálních reakcí nebo generování explicitních soudů, plánů a rozhodnutí (Hoffman et al., 2008). Když je pozornost uchvávena silným vnějším nebo vnitřním podnětem (bottom-up processing) aktivace se automaticky šíří neuronovou sítí a aktivuje další uzly (reprezentace, stavy, schémata atd.). Kontrolovaná pozornost poté potlačuje aktivaci uzlů, které jsou nekonzistentní se současným záměrem, a/nebo zvyšuje aktivaci uzlů, které jsou relevantní pro daný cíl (Barret, Tugade, & Engle 2004).

Z funkčního hlediska mnoho autorů předpokládá, že právě řízení pozornosti a koncentrace pozornosti na informace relevantní pro daný cíl jsou hlavním způsobem, jak jsou seberegulační mechanismy chráněny před konfliktními cíli, nebo informacemi,



kteří jsou v rozporu s daným cílem (Shah, Friedman, & Kruglanski 2002). Bottom-up procesy zaměřují pozornost pravděpodobně automaticky díky vlastnostem samotného podnětu, který je fyzikálně, motivačně či jinak výrazný. Naopak top-down procesy jsou zaměřovány na podněty na základě reprezentace žádoucích a cílových stavů v pracovní paměti (Kundsen, 2007)

Baumeister, Heatherton a Tice (1994) také poukazují na fakt, že zdroje centrální exekutivy jsou limitované sérií výzkumů zaměřených na tzv. **vyčerpání ega** (ego depletion). Jedná se o únavu z rozhodování, kdy jsou seberegulační mechanismy přirovnávány ke svalu (muscle-like model) a úloha zaměřená na sebekontrolu či seberegulaci vede k čerpání omezených, avšak blíže nespecifikovaných zdrojů. Vzhledem k tomu, že tyto zdroje jsou doménově nespecifické, jakákoliv následná úloha vyžadující seberegulaci je negativně ovlivněna touto předchozí úlohou. Paradigma vyčerpání ega bylo prokázáno na množství různých úkolů a vztahuje se k dimenzím jako je konzumace jídla (Vohs & Heatheron, 2000), pití (Muraven, Collins, & Neinhau, 2002), sexuální chování (Galliot & Baumaister, 2006) i agresivita (Dewall, Baumeister, Stillman, & Glliot, 2007). V tomto teoretickém rámci, který spojuje seberegulační a exekutivní funkce, se podařilo prokázat, že vyčerpání ega souvisí se specifickými zdroji právě pro exekutivní funkce. Seberegulační úlohy tak negativně ovlivňují výkon např. v testech analytického myšlení, ale nikoliv při vybavování informací z dlouhodobé paměti (Schmeichel, Vohs, & Baumeister, 2003). Doklady o propojení schopnosti řídit pozornost u osob s vysokou kapacitou pracovní paměti pocházejí z výzkumů např. v antisakadické úloze (antisacadic task) (Kane et al. 2001). Tato úloha spočívá v potlačení reflexivních očních pohybů, tzv. sakád, a směřování pohledu od prezentovaného distraktoru. V prosakadickém testu, tedy při úloze, kdy participant směřuje svůj pohled směrem k prezentovanému novému objektu v zorném poli, nejsou mezi subjekty s vysokou a nízkou kapacitou pracovní paměti statisticky významné rozdíly. Jedinci s vysokou kapacitou pracovní paměti taktéž dosahují lepších výkonů v Brown-Petersnově úloze, Stroopově testu, nebo Flanker testu, tedy testech zaměřených za zvládání interference a inhibici (Kane & Engle, 2003; Kane & Engle, 2000; Heitz & Engle, 2007). Hoffman a kolegové (2008) prokázali, že síla kladného postoje předpovídá dobu, po jakou participant s nízkou kapacitou WMC setrvávají pohledem na fotografiích atraktivních žen nebo alkoholických nápojů. Tato závislost neplatí u osob s vysokou kapacitou pracovní paměti. Podobný jev byl demonstrován i na sladkostech, kdy míra, jak moc chutnají dané cukrovinky participantům, byla více určována mírou implicitního kladného postoje u osob s nízkou než vysokou hladinou WMC. Postoj k těmto stimulům byl měřen pomocí testu implicitních asociací (IAT – implicit association test) (Greenwald, McGhee, & Schwarz, 1998). Tento test je konstruován tak, aby měřil nevědomé, implicitní postoje a tendence k chování:

Osoby s vysokou kapacitou WMC také lépe kontrolují své myšlenky. Kane a kolegové (2007) zjišťovali pomocí elektronického zařízení několikrát denně po dobu jednoho týdne, zda se myšlenky zkoumaných osob odchýlily od jejich současného úkolu (mind-wandering). Kapacita WMC negativně korelovala s počtem myšlenek nesouvisejících s úkolem. Brewin a Beaton (2002) zkoumali v rámci Paradigmatu bílého medvěda (White bear paradigm), kdy jsou osoby instruovány, aby nemysleli na bílého medvěda, schopnost kontrolovat tok myšlenek. Za takto navozené situace je výskyt myšlenek na bílého medvěda poměrně častý. Autoři zjistili negativní korelaci mezi WMC a počtem výskytů

intruzivních myšlenek. Podobné výsledky autoři (Brewin & Smart, 2005) získali, když namísto bílého medvěda použili podněty, více přizpůsobené daným jedincům.

Jedinci s vyšší kapacitou WMC také snáze potlačují výrazy emocí a jsou schopni lépe hodnotit emocionální situace tak, aby tyto situace vyvolávaly slabší emoce, pokud je tomu potřeba (Schmeichel, Volokhov, & Demaree, 2008). Hoffman a kolegové (2008) v experimentu, kdy účastníci mohli projevit svou zlost po předchozí situaci, která tuto emoci měla vyvolat, prokázali silnou interakci WMC a tendence svůj vztek kontrolovat. Účastníci s vysokou tendencí kontrolovat svůj vztek, ale nízkou WMC se tak nelišili od účastníků s nízkou tendencí ke kontrole vzteku.

WMC také silně souvisí s kontrolou impulzivního jednání, kdy panuje vysoký vztah mezi pracovní pamětí a konzumací sladkostí, alkoholu, nebo kouřením a cílem se tomuto chování vyhnout (Hoffman et al., 2007; Hoffman, Gschwendner, Castelli et al. 2008; Hofmann, Gschwendner, Friese et al., 2008). Mnoho studií také prokazuje spojitost mezi WMC a tzv. časovým diskontováním užítku (delay discounting), což je krkolomný termín vyjadřující tendenci považovat odměnu vzdálenou v čase za méně hodnotnou než tu časově blízkou. Typická úloha se ptá po preferencích probanda, zda například preferuje 20 Euro nyní, nebo 25 euro za 4 týdny. Z ekonomického hlediska se téměř vždy vyplatí rozhodnout se pro větší částku v budoucnu, avšak při reálných situacích se probandi takto nerozhodují. Úlohy tohoto typu testují míru impulzivity a bylo prokázáno, že probandi s vyšší kapacitou pracovní paměti se chovají méně impulzivně při těchto typech úloh (Hinson, Jameson, & Whitney, 2003; Shamos, DeYoung, Green et al. 2008; Bickel, Yi, Landes, Hill, & Baxter, 2011).

Konceptuální přehled problematiky pracovní paměti podaný v tomto článku a vztahu tohoto konceptu k jiným důležitým fenoménům jako jsou exekutivní funkce, pozornost či sebekontrola přináší zcela jistě více otázek, než odpovědí. Bylo zde poukázáno na až nepřijemnou provázanost těchto konceptů, vycházející z historických souvislostí, což komplikuje další experimenty i interpretaci výsledků. Problém s konceptualizací těchto konceptů je takový, že o něm můžeme referovat jako o klamu jingle-jangle (Jingle-Jangle fallacy), tedy jako o stavu, kdy jsou různé fenomény označovány jedním termínem a naopak jeden koncept má několik různých pojmenování (Christenson & Reschly, 2012). Otázka zda centrální exekutiva řídí exekutivní funkce, či je tomu naopak, zůstává prozatím také nezodpovězena a teorie duálních procesů explikaci situace příliš nepomáhají, neboť jen přidávají do rovnice top-down a bottom-up zpracování dat dalšího homunkula. Různé přístupy k pracovní paměti z hlediska struktury, funkcí a vztahu ke krátkodobé i dlouhodobé paměti mají různé implikace pro další teoretické i experimentální zkoumání tohoto jevu. Samozřejmě i v této oblasti platí, že teoretické koncepce jsou úzce napojené nejen na metodologický přístup v širokém smyslu (kognitivně psychologické experimenty) ale i na specifické testy jednotlivých funkcí (např. Stroopův test) a specifické postupy (experimentální paradigma) pro zkoumání vzájemných vztahů. V současnosti se zdá, že právě epistemologický přístup má větší váhu než ontologický, avšak bez správného pochopení měřených veličin (pokud se o měření vůbec jedná) a jejich vzájemných vztahů nelze tato zjištění efektivně interpretovat (Michel, 1999; Urbánek, Denglerová, & Širůček, 2011). V současnosti jsme prakticky v situaci, kdy měříme kapacitu pracovní paměti bez toho, abychom věděli, co tato kapacita vlastně představuje. Řešení této empiricko-racionální přetahované se jeví v nedohlednu.

## Reference

- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. *The psychology of learning and motivation*, 2, 89–195.
- Baars, B. J., & Franklin, S. (2003). How conscious experience and working memory interact. *Trends in cognitive sciences*, 7(4), 166–172.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in cognitive sciences*, 4(11), 417–423.
- Baddeley, A. (2007). Working memory, thought, and action. OUP Oxford.
- Baddeley, A. D. (1986). Working memory. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1974). Working memory. *The psychology of learning and motivation*, 8, 47–89.
- Baddeley, A., Eysenck M.W., Anderson, M.C., (2009) Memory, UK: Psychology Press.
- Banich, M. T. (2009). Executive function the search for an integrated account. *Current Directions in Psychological Science*, 18(2), 89–94.
- Barrett, L. F., Tugade, M. M., & Engle, R. W. (2004). Individual differences in working memory capacity and dual-process theories of mind. *Psychological Bulletin*, 130, 553–573.
- Baumeister, R. F., Heatherton, T. F., & Tice, D. M. (1994). *Losing control: How and why people fail at self-regulation*. Academic Press.
- Bickel, W. K., Yi, R., Landes, R. D., Hill, P. F., & Baxter, C. (2011). Remember the future: working memory training decreases delay discounting among stimulant addicts. *Biological psychiatry*, 69(3), 260–265.
- Broadbent, D. E. (1958). The effects of noise on behaviour.
- Brewin, C. R., & Beaton, A. (2002). Thought suppression, intelligence, and working memory capacity. *Behaviour Research and Therapy*, 40, 923–930.
- Brewin, C. R., & Smart, L. (2005). Working memory capacity and suppression of intrusive thoughts. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 36(1), 61–68.
- Chan, R. C., Shum, D., Touloupoulou, T., & Chen, E. Y. (2008). Assessment of executive functions: Review of instruments and identification of critical issues. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 23(2), 201–216.
- Conway, A. R., Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working memory capacity and its relation to general intelligence. *Trends in cognitive sciences*, 7(12), 547–552.
- Cowan N. (2005). *Working memory capacity*. Psychology Press.
- Cowan, N. (1999). An embedded-processes model of working memory. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of Working Memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 62–101). Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
- Delis, D. C., Kaplan, E., & Kramer, J. H. (2001). *Delis-Kaplan executive function system (D-KEFS)*. Psychological Corporation.
- Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention: some theoretical considerations. *Psychological review*, 70(1), 80.
- DeWall, C. N., Baumeister, R. F., Stillman, T. F., & Gailliot, M. T. (2007). Violence restrained: Effects of self-regulation and its depletion on aggression. *Journal of Experimental Social Psychology*, 43(1), 62–76.

- Engle, R. W., Kane, M. J., & Tuholski, S. W. (1999). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence, and functions of the prefrontal cortex. *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*, 102–134.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway A. R. A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128, 309–331.
- Ericsson, K. A., & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, 102, 211–221
- Fazio, R. H. (1990). Multiple processes by which attitudes guide behavior: The MODE model as an integrative framework. *Advances in experimental social psychology*, 23(75–109).
- Fougnie, D. (2008). The relationship between attention and working memory. In Noah B. Johansen (Ed.) *New research on short-term memory*, 1–45. Nova Science Publishers Inc; 1 edition
- Gailliot, M. T., & Baumeister, R. F. (2007). Self-regulation and sexual restraint: Dispositionally and temporarily poor self-regulatory abilities contribute to failures at restraining sexual behavior. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 33(2), 173–186.
- Geva, R., Zivan, M., Warsha, A., & Olchik, D. (2013). Alerting, orienting or executive attention networks: differential patterns of pupil dilations. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 7.
- Goldstein, S., & Naglieri, J. A. (2013). *Handbook of executive functioning*. Springer Science & Business Media.
- Greenwald, A. G., McGhee, D. E., & Schwartz, J. L. (1998). Measuring individual differences in implicit cognition: the implicit association test. *Journal of personality and social psychology*, 74(6), 1464.
- Hassin, R. R., Bargh, J. A., Engell, A. D., & McCulloch, K. C. (2009). Implicit working memory. *Consciousness and cognition*, 18(3), 665–678.
- Heitz, R. P., & Engle, R. W. (2007). Focusing the spotlight: individual differences in visual attention control. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(2), 217.
- Hinson, J. M., Jameson, T. L., & Whitney, P. (2003). Impulsive decision making and working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29(2), 298.
- Hofmann, W., Friese, M., Schmeichel, B. J., & Baddeley, A. D. (2011). Working memory and self-regulation. *Handbook of self-regulation: Research, theory, and applications*, 2, 204–225.
- Hofmann, W., Gschwendner, T., Castelli, L., & Schmitt, M. (2008). Implicit and explicit attitudes and interracial interaction: The moderating role of situationally available control resources. *Group Processes & Intergroup Relations*, 11(1), 69–87.
- Hofmann, W., Rauch, W., & Gawronski, B. (2007). And deplete us not into temptation: Automatic attitudes, dietary restraint, and self-regulatory resources as determinants of eating behavior. *Journal of Experimental Social Psychology*, 43, 497–504.
- Hofmann, W.; Gschwendner, T.; Friese, M.; Wiers, R. W.; Schmitt, M. (2008) Working memory capacity and self-regulatory behavior: Toward an individual differences perspective on behavior determination by automatic versus controlled processes. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 95(4), Oct 2008, 962–977.
- Hughes, C., & Graham, A. (2002). Measuring executive functions in childhood: Problems and solutions? *Child and adolescent mental health*, 7(3), 131–142.
- James, W. (1890). *The principles of psychology* (Vol. 1). New York: Holt.
- Jurado, M. B., & Rosselli, M. (2007). The elusive nature of executive functions: a review of our current understanding. *Neuropsychology review*, 17(3), 213–233.

- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2000). Working-memory capacity, proactive interference, and divided attention: limits on long-term memory retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26(2), 336.
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic bulletin & review*, 9(4), 637–671.
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working memory capacity and the control of attention: The contributions of goal neglect, response competition, and task set to Stroop interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132, 47–70.
- Kane, M. J., Bleckley, M. K., Conway, A. R. A., & Engle, R. W. (2001). A controlled-attention view of working-memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 169–180.
- Kieras, D. E., Meyer, D. E., Mueller, S. T., & Seymour, T. L. (1999). Insights into working memory from the perspective of The EPIC Architecture for modeling skilled perceptual-motor and cognitive human performance. In: A. Miyaki & P. Shah (Eds.). *Models of Working Memory*. New York: Cambridge University Press.
- Kimberg, D. Y., D'Esposito, M., & Farah, M. J. (1997). Cognitive functions in the prefrontal cortex: Working memory and executive control. *Current Directions in Psychological Science*, 185–192.
- Knudsen, E. I. (2007). Fundamental components of attention. *Annual Review of Neuroscience*, 30, 57–78.
- Lovett, M. C., Reder, L. M., & Lebiere, C. (1999). Modeling working memory in a unified architecture: An ACT-R perspective. In A. Miyake & P. Shah (Eds.) *Models of Working Memory*, pp. 135–182. New York: Cambridge University Press.
- Matsumoto, D. (2009). *The Cambridge dictionary of psychology*. Cambridge University Press.
- McCabe, D. P., Roediger III, H. L., McDaniel, M. A., Balota, D. A., & Hambrick, D. Z. (2010). The relationship between working memory capacity and executive functioning: evidence for a common executive attention construct. *Neuropsychology*, 24(2), 222.
- Metcalfe, J., & Mischel, W. (1999). A hot/cool-system analysis of delay of gratification: dynamics of willpower. *Psychological review*, 106(1), 3.
- Michel, J. (1999) *Measurement in Psychology: A Critical History of a Methodological Concept (Ideas in Context)*, Cambridge University Press.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49–100.
- Muraven, M., Collins, R. L., & Neinhuis, K. (2002). Self-control and alcohol restraint: an initial application of the self-control strength model. *Psychology of Addictive Behaviors*, 16(2), 113.
- Nisbett, R. E., Peng, K., Choi, I., & Norenzayan, A. (2001). Culture and systems of thought: holistic versus analytic cognition. *Psychological review*, 108(2), 291.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). *Attention to action* (pp. 1–18). Springer US.
- Oberauer, K., Suß, H.-M., Wilhelm, O., & Wittmann, W. W. (2003). The multiple faces of working memory—Storage, processing, supervision, and coordination. *Intelligence*, 31, 167–193
- Ric, F., & Muller, D. (2012). Unconscious addition: When we unconsciously initiate and follow arithmetic rules. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141(2), 222.
- Reschly, A. L., & Christenson S. L. (2012). Jingle, Jangle, and Conceptual Haziness: Evolution and Future Directions of the Engagement Construct in Reschly, Amy L., Christenson Sandra L., Wyle, Cathy (Eds.) *Handbook of Research on Student Engagement*, pp. 3–19

- Ricker, T. J., AuBuchon, A. M., & Cowan, N. (2010). Working memory. *Wiley interdisciplinary reviews: Cognitive science*, 1(4), 573–585.
- Salthouse, T. A., & Davis, H. P. (2006). Organization of cognitive abilities and neuropsychological variables across the lifespan. *Developmental Review*, 26(1), 31–54.
- Schmeichel, B. J., Vohs, K. D., & Baumeister, R. F. (2003). Intellectual performance and ego depletion: role of the self in logical reasoning and other information processing. *Journal of personality and social psychology*, 85(1), 33.
- Schmeichel, B. J., Volokhov, R. N., & Demaree, H. A. (2008). Working memory capacity and the self-regulation of emotional expression and experience. *Journal of personality and social psychology*, 95(6), 1526.
- Shah, J. Y., Friedman, R., & Kruglanski, A. W. (2002). Forgetting all else: on the antecedents and consequences of goal shielding. *Journal of personality and social psychology*, 83(6), 1261.
- Shamosh, N. A., DeYoung, C. G., Green, A. E., Reis, D. L., Johnson, M. R., Conway, A. R., ..., & Gray, J. R. (2008). Individual differences in delay discounting relation to intelligence, working memory, and anterior prefrontal cortex. *Psychological Science*, 19(9), 904–911.
- Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological review*, 84(2), 127.
- Sklar, A. Y., Levy, N., Goldstein, A., Mandel, R., Maril, A., & Hassin, R. R. (2012). Reading and doing arithmetic nonconsciously. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(48), 19614–19619.
- Smith, E. E., & Jonides, J. (1999). Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, 283(5408), 1657–1661.
- Smith, E. R., & DeCoster, J. (2000). Dual-process models in social and cognitive psychology: Conceptual integration and links to underlying memory systems. *Personality and social psychology review*, 4(2), 108–131.
- Soto, D., & Silvanto, J. (2014). Reappraising the relationship between working memory and conscious awareness. *Trends in cognitive sciences*, 18(10), 520–525.
- Strack, F., & Deutsch, R. (2004). Reflective and impulsive determinants of social behavior. *Personality and social psychology review*, 8(3), 220–247.
- Unsworth, N., Fukuda, K., Awh, E., & Vogel, E. K. (2014). Working memory and fluid intelligence: Capacity, attention control, and secondary memory retrieval. *Cognitive psychology*, 71, 1–26.
- Urbánek, T., Denglerová, D., & Širůček, J. (2011). *Psychometrika*, Portál.
- Vohs, K. D., & Baumeister, R. F. (2004). Understanding self-regulation: An introduction. *Handbook of self-regulation: Research, theory, and applications*, 1–9.
- Vohs, K. D., & Heatherton, T. F. (2000). Self-regulatory failure: A resource-depletion approach. *Psychological science*, 11(3), 249–254.
- Young, R. M., & Lewis, R. L. (1999). The Soar cognitive architecture and human working memory. In A. Miyake, & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 298–339). New York: Cambridge University Press.
- Yuan, K. S., Shavelson, J. R., Alonzo, A., & Pezzo, M. (2006). Working memory, fluid intelligence, and science learning. *Educational Research Review*, 1, 83–98.

