

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI**  
**FILOZOFICKÁ FAKULTA**  
**KATEDRA SOCIOLOGIE, ANDRAGOGIKY A KULTURNÍ ANTROPOLOGIE**

Obor studia: Andragogika

**KOGNITIVNÍ TEORIE UČENÍ**



**Magisterská diplomová práce**

**Autor:** Bc. David Šrott

**Vedoucí práce:** PhDr. Ondřej Skopal, Ph.D.

Olomouc 2019

Prohlašuji, že jsem magisterskou diplomovou práci na téma „Kognitivní teorie učení“ vypracoval samostatně a uvedl v ní veškerou literaturu a ostatní zdroje, které jsem použil.

V Olomouci dne 26. 3. 2019

Podpis .....

Diplomovou práci jsem vypracoval pod odborným dohledem vedoucího diplomové práce PhDr. Ondřeje Skopala, Ph.D., kterému tímto děkuji za poskytnutá doporučení a cenné rady. Děkuji rovněž za podnět a inspiraci k vypracování této diplomové práce PhDr. et Mgr. Naděždě Špatenkové, Ph.D. a PhDr. Miroslavě Dvořákové, Ph.D.

## Anotace

Jméno a příjmení:	Bc. David Šrott
Katedra:	Katedra sociologie, andragogiky a kulturní antropologie
Obor studia:	Andragogika
Obor obhajoby práce:	Andragogika
Vedoucí práce:	PhDr. Ondřej Skopal, Ph.D.
Rok obhajoby:	2019

Název práce:	Kognitivní teorie učení
Anotace práce:	Text se zabývá analýzou kognitivních teorií učení a integrací poznatků interdisciplinárního výzkumu orientovaného na učení dospělých. Výchozím přístupem je kognitivní paradigma procesů zpracování informací. Cílem práce je integrovat dosavadní vývoj a soudobé poznatky o kognitivních procesech učení. V základním kognitivním modelu učení jsou analyzovány procesy kódování, uchování a vybavování informací. V práci jsou uvedena doporučení pro aplikaci efektu testování, rozloženého a elaborativního učení v androdidaktické praxi.
Klíčová slova:	kognitivní teorie učení, androdidaktika, kognitivní proces, strategie učení
Title of Thesis:	Cognitive learning theories
Annotation:	The text deals with analysis of cognitive theories of learning and with integration of knowledge of interdisciplinary research focused on adult learning. The basic approach is the cognitive paradigm of processes related to information processing. The goal of the thesis is to integrate development to date and contemporary knowledge of cognitive learning processes. The encoding process, retention and retrieval of information are being analyzed in the basic cognitive learning model. In the thesis are given the recommendations for testing effect, distributed practice and elaborative learning application in androdidactics praxis.
Keywords:	cognitive learning theories, androdidactics, cognitive process, learning strategy
Literatura a zdroje:	251
Rozsah práce:	166 s. (315 856 znaků s mezerami)

# Obsah

<b>ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>1. PŘEDMĚT STUDIE, CÍLE A POSTUP ŘEŠENÍ</b> .....	<b>9</b>
PŘEDMĚT STUDIE .....	9
Řešené otázky.....	10
CÍLE STUDIE.....	10
POSTUP ŘEŠENÍ.....	11
<b>2. UČENÍ JAKO PROCES</b> .....	<b>14</b>
UČENÍ Z ANDRAGOGICKÉ PERSPEKTIVY .....	15
UČENÍ Z KOGNITIVNÍ PERSPEKTIVY.....	18
ZÁKLADNÍ MODEL KOGNITIVNÍCH PROCESŮ UČENÍ .....	21
<b>3. TEORETICKÁ VÝCHODISKA</b> .....	<b>25</b>
ETOLOGIE UČENÍ .....	26
BIOLOGICKÉ PODKLADY UČENÍ.....	27
Anatomie učení .....	28
Synaptická plasticita jako podklad učení .....	31
Ontogenetický vývoj a celoživotní schopnost učení .....	33
Učení mění lidské mozky .....	36
Emoce a učení.....	37
EVOLUČNÍ A KULTURNÍ PODKLAD UČENÍ .....	40
<b>4. TEORIE UČENÍ – PŘÍSTUPY - KONCEPTUALIZACE</b> .....	<b>43</b>
STRUKTURÁLNÍ, FUNKCIONÁLNÍ A PRAGMATICKÝ PŘÍSTUP .....	43
TEORIE ZAPOMÍNÁNÍ, REMINISCENCE A ASOCIANISTICKÉ PRINCIPY .....	45
REFLEXNÍ PŘÍSTUP, KLASICKÉ PODMIŇOVÁNÍ A ZÁKONY UČENÍ .....	47
BEHAVIORISTICKÉ SCHÉMA S-R, MODEL S-O-R A GESTALTISMUS .....	49
<b>5. PARADIGMA PROCESŮ ZPRACOVÁNÍ INFORMACÍ</b> .....	<b>55</b>
DRUHÁ POLOVINA 20. STOLETÍ: KOGNITIVNÍ PARADIGMA .....	55
LIDSKÁ MYSL JAKO POČÍTAČ .....	58
KONEKCIONISTICKÝ MODEL UČENÍ.....	60
KOGNITIVNĚ-PSYCHOLOGICKÝ PŘÍSTUP.....	65
Metodologie kognitivní psychologie .....	66
Metodologické limity experimentálního výzkumu učení .....	67
<b>6. TEORIE PAMĚŤOVÝCH PROCESŮ</b> .....	<b>71</b>
PROCESY UČENÍ A PAMĚTI .....	71
METAFORY PAMĚTI.....	72
TAXONOMIE PAMĚŤOVÝCH SYSTÉMŮ.....	75
Krátkodobá paměť a mode pracovní paměti.....	77
Dlouhodobá paměť.....	80
KLASIFIKACE UČENÍ PODLE SYSTÉMŮ PAMĚTI .....	83
KOGNITIVNÍ REPREZENTACE UČENÍ .....	84

<b>7. KOGNITIVNÍ TEORIE UČENÍ: POZNÁVACÍ PROCESY A MODELY .....</b>	<b>90</b>
PERCEPCE A POZORNOST .....	90
KÓDOVÁNÍ.....	95
UCHOVÁNÍ.....	107
VYBAVOVÁNÍ .....	114
Shrnutí kognitivních procesů učení .....	118
<b>8. KOGNITIVNÍ STRATEGIE UČENÍ DOSPĚLÝCH.....</b>	<b>122</b>
EFEKT TESTOVÁNÍ.....	124
ROZLOŽENÉ UČENÍ.....	127
ELABORATIVNÍ UČENÍ.....	133
Mnemonické systémy.....	138
<b>9. ŘEŠENÉ OTÁZKY.....</b>	<b>142</b>
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>148</b>
<b>UŽITÉ ZDROJE .....</b>	<b>149</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>165</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>166</b>

# ÚVOD

Jedním z cílů praxeologické vědy o vzdělávání a učení dospělých je implementovat učební strategie a systematické postupy v andragogické praxi, hodnotit aplikované teorie a upevňovat vlastní vědeckou identitu.

Andragogická didaktika neboli androdidaktika a technologie vzdělávání dospělých staví na teoretickém a empirickém výzkumu opěrných věd, jakožto na vlastním teoretickém základě a praxi vzdělávání dospělých. Teoretické analýzy interdisciplinárního výzkumu učení jsou vhodným a užitečným nástrojem pro výstavbu teorie a praxe vzdělávání a učení dospělých, což je také důvodem, proč extrapolujeme mnohovrstevnatý obsah kognitivního výzkumu učení z hlediska ústředního objektu andragogiky, kterým je učící se dospělý. Pro vypracování této práce byla zvolena metoda integrativní přehledové studie, umožňující agregovat data z teoretických, empirických a jiných relevantních zdrojů. Nepředkládáme tedy studii teoreticko-empirickou, nýbrž teoretickou a přehledovou práci.

Záměrem a cílem této diplomové práce je popsat v obecné rovině fyziologické podklady celoživotního učení, integrovat poznatky výzkumu učení v analýze kognitivních procesů a navrhnout spolehlivé a funkční strategie učení pro andragogickou praxi. Vycházíme z kognitivního paradigmatu zpracování informací. Centrální osou výkladu této práce je vývoj teoretických modelů učení a jejich reflexe, přičemž čerpáme z částečné (nikoli úplné) rešerše teoretických a empirických studií.

V první části práce explikujeme interdisciplinaritu kognitivního výzkumu učení, stanovíme výzkumné otázky, cíle a postup řešení. Definujeme pojem učení jako proces z andragogického hlediska a pokusíme se přiblížit učení z kognitivní perspektivy. Indikujeme procesy učení v základním kognitivním modelu, přitom zvláštní pozornost věnujeme teoretické práci teoretika učení J. A. Komenského

s názvem *Analytická didaktika*, která vyšla v polovině 17. století jako součást širší práce *Methodus linguarum novissima*.<sup>1</sup>

Z evolučně-biologické a fyziologické perspektivy se zabýváme bazální otázkou týkající se vývojového a strukturálního uspořádání podkladů učení, poznávacích procesů a schopnosti celoživotního učení.

Uvedeme stručnou historickou evidenci přehledu hlavních teoretických přístupů a konceptualizačního rámce výzkumu učení a objasníme vznik a vývoj kognitivní vědy, která postavila teorie učení na nový epistemologický základ, v jehož rámci analyzujeme a syntetizujeme výzkum procesů učení s primární orientací na učení dospělých, přičemž kriticky hodnotíme experimentální výzkum učení.

S ohledem na komplementární vztah systémů paměti a učení se zabýváme taxonomií paměťových procesů, objasníme rozsáhlé užívání metafor paměti a uvedeme klasifikaci učení podle funkčních systémů paměti.

Ve stěžejní části této práce analyzujeme primární zpracování informací, základní procesy učení (kódování, uchování a vybavování) a klíčové kognitivní teorie, které procesy učení v základním kognitivním modelu explikují. Shrnujeme užitelné poznatky a závěry vyplývající z kognitivního výzkumu učení.

Závěrem se věnujeme didaktickým poznatkům pro lepší praxi poradenství ve vzdělávání a učení dospělých. Předkládáme vybrané kognitivní strategie učení dospělých, které je možné dále rozpracovat v rámci andragogické disciplíny technologie vzdělávání dospělých.

---

<sup>1</sup> *Methodus linguarum novissima* (Metoda jazyků nejnovější) vyšla poprvé latinsky v Polském Lešně podle různých pramenů v letech 1642, 1646 nebo 1648. V této práci vycházíme z vydání *Analytické didaktiky* z roku 1946 v překladu H. Businské.



# 1. PŘEDMĚT STUDIE, CÍLE A POSTUP ŘEŠENÍ

## Předmět studie

Předmětem studie jsou **kognitivní teorie učení**, představující soubor hypotéz a experimentální výzkum zaměřený na poznávací procesy učení.<sup>2</sup> Za kognitivní teorii učení v této práci považujeme organizovaný komplex obecných vysvětlujících principů týkajících se kognitivních procesů učení dospělých.<sup>3</sup> Analýzu kognitivního výzkumu učení pokládáme za nástroj pro utřídění poznatků a vyjasnění terminologie týkající se základních procesů učení dospělých.

Vycházíme v této práci z mezioborového paradigmatu kognitivní vědy, která učení koncipuje jako **procesy zpracování informací**. Interdisciplinarita kognitivní vědy zahrnuje různé obory zkoumající oblast poznávání a učení, především je to kognitivní psychologie, lingvistika, kybernetika, neurověda a filozofie.

Výzkum učení trvá více než sto let. Od druhé poloviny minulého století, kdy se výzkum učení rozšířil o kognitivní paradigma, je evidováno velké množství více či méně relevantních a komplementárních souborů hypotéz, experimentů, laboratorního a mimolaboratorního výzkumu. Předem poznamenejme, že interdisciplinární kognitivní výzkum učení neposkytuje integrovanou generální teorii učení.

V současnosti je **kognitivní výzkum učení** dospělých rozprostřen na oborovém půdorysu experimentální kognitivní psychologie, kognitivní vědy, zaměřené na komputační modelování činnosti mysli, kognitivní neurovědy, která v současnosti přesahuje obsahy kognitivní psychologie (zobrazovací metody)<sup>4</sup> a kognitivní neuropsychologie, která poskytla významné případové studie.<sup>5</sup>

---

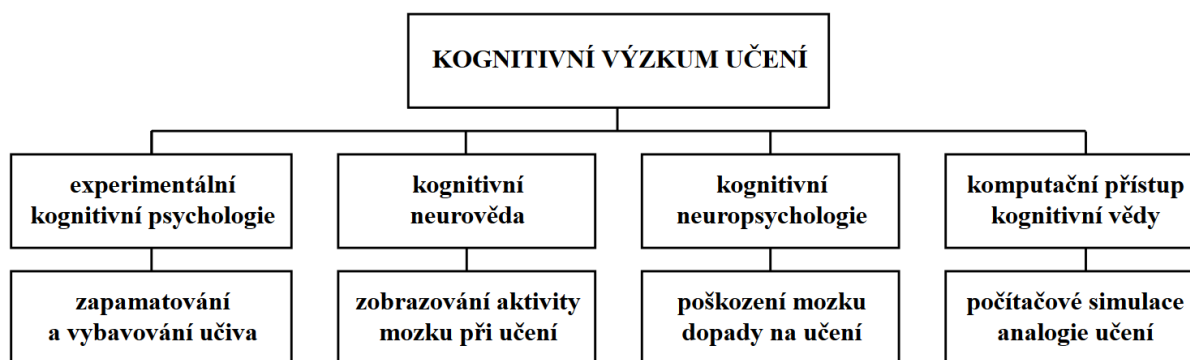
<sup>2</sup> Etymologie slova „kognitivní“ pochází z latinského slova *cognosco* a doslovně znamená „vědění“ či „poznání“; poznávací.

<sup>3</sup> Srov. Sternberg (2009, s. 31).

<sup>4</sup> Srov. Kiverstein a Miller (2015).

<sup>5</sup> „Případové studie jsou vhodným testem kvality kognitivních teorií.“ (Eysenck & Keane, 2008, s. 30).

Teoretická reflexe objektu studie vychází z kognitivního výzkumu orientovaného na procesy učení dospělých.



Obr. 1: Interdisciplinarita kognitivního výzkumu učení

## Řešené otázky

1. Co je podkladem procesu učení z evolučně-biologické perspektivy?
2. Jaké jsou základní procesy učení v kognitivním paradigmatu?
3. Jaké vlivné kognitivní teorie a modely učení byly navrženy?
4. Jaké kognitivní strategie a techniky učení lze spolehlivě aplikovat v androdidaktické praxi?

## Cíle studie

Obecným cílem přehledové studie je integrovat poznatky interdisciplinárního studia učení, indikovat klíčové a užitkové poznatky o kognitivním procesu učení a přispět do diskuse o didaktickém rámci technologie vzdělávání dospělých.

Hlavním cílem diplomové práce je shromáždit vybrané a stabilní kognitivní teorie učení, identifikovat a analyzovat základní procesy učení a navrhnout funkční strategie učení dospělých. Uvedený cíl studie vyžaduje stanovení cílů dílčích, jejichž prostřednictvím naplníme hlavní cíl a záměr diplomové práce.

## Konkretizace cílů studie

1. Definovat učení z andragogické a kognitivní perspektivy.
2. Definovat a analyzovat základní model kognitivních procesů učení.

3. Indikovat evolučně-biologické a fyziologické podklady učení.
4. Shrnout evidenci výzkumu učení a objasnit směr kognitivního paradigmatu.
5. Klasifikovat učení podle systémů paměti.
6. Analyzovat kognitivní procesy učení na základě významných a stabilních teoretických koncepcí.
7. Navrhnout ústřední kognitivní strategie intencionálního učení dospělých.

## Postup řešení

V této práci volíme metodu integrativní přehledové studie (*integrative review*; také IPS), která je specifickou metodou přezkoumávání empirických i teoretických studií a publikací, jejímž výstupem je syntéza vycházející ze zjištěných poznatků s předpokladem lepšího pochopení složitosti zkoumané problematiky.

IPS je komplexním přístupem, který umožňuje zahrnout teoretické, experimentální, kvalitativní a kvantitativní studie s potenciálem řešit obecné i specifické, oborové nebo interdisciplinární výzkumné otázky. IPS umožňuje agregovat data z různých relevantních zdrojů a odborné literatury, rámec použití této metody je tudíž poměrně široký. Například při definování složitějších pojmů, při shromažďování evidence významných hypotéz a důkazů, analyzování metodologických problémů konkrétního tématu.<sup>6</sup>

Ambicí této IPS je poskytnout základní vhled do vybrané oblasti, orientaci v základních pojmech a modelech uplatňovaných při výzkumu kognitivních procesů učení. Cílem IPS je shromáždit relevantní poznatky o předmětu studie a přispět ke zlepšování praxe informováním o vývoji a stavu kognitivního výzkumu učení.

V této práci vycházíme z monografií uznávaných expertů oboru kognitivní psychologie, publikovaných vlivných článků v prestižních oborových časopisech, přehledových studií a metaanalýz. Metodologický přístup integrativního přehledu nám umožňuje zahrnout širší zdrojovou základnu s potenciálem přispět do diskuse o principech andragogické didaktiky.

---

<sup>6</sup> Přehled Whittemore a Knafl (2005); Souza et al. (2010); Mareš (2013a).

### **Vymezení problému**

V této práci se zaměříme na vlivné kognitivní teorie učení, redukuje a operacionalizujeme širokou oblast učení na procesy zpracování informací. Analyzujeme strukturální a funkční podklady procesu učení a hodnotíme závěry kognitivního výzkumu. Navrhujeme aplikaci utilitárních poznatků do rámce technologie vzdělávání dospělých a androdidaktické praxe.

### **Identifikace potřebných informací**

Vyhledáváme informace o klíčových výzkumech a kognitivně-teoretických modelech učení. Zaměřujeme se na teorie učení, které vysvětlují kognitivní procesy učení z hlediska zjištěných pravidelností, algoritmů a vzorců, o kterých předpokládáme, že se mohou vyskytovat v objektivní realitě. Při identifikaci informací týkajících se kognitivních procesů učení užíváme pojmový aparát kognitivní vědy.

### **Sběr a rešerše dat**

Data byla shromážděna z relevantních studií uvedených v základní kognitivně-psychologické literatuře (přehled Eysenck & Keane, 2008; Sternberg, 2009) a prostřednictvím vyhledání klíčových studií v internetových databázích EBSCO, ScienceDirect a Google Scholar. Zvolená klíčová slova pro kombinované vyhledávání jsou: *learning theory, encoding, consolidation, storage, retention, retrieval, recall, recognition, engram*.

Publikace a studie uvedené v seznamu literatury byly zapůjčené za účelem rešerše poznatků o předmětu této práce z větší části v knihovně Univerzity Palackého v Olomouci a Krajské knihovně Františka Bartoše ve Zlíně. V rámci sběru dat byla zahrnuta také populárně naučná literatura s podmínkou autorovy odbornosti ve studované oblasti, případně odborné publikace syntetizující původní badatelské práce. V rešerši vzorků byla zohledňována jejich významnost a dopad na další výzkum. Vycházíme především z teoretického a experimentálního výzkumu předních kognitivních psychologů a teoretiků učení, zejména je to: Harry Bahrick

(\*1926); Endel Tulving (\*1927); Allan Baddeley (\*1934); Fergus Craik (\*1935); Michael Eysenck (\*1944); Henry Roediger III (\*1947); Robert Sternberg (\*1949) a další.

Stanovení kritérií relevance vzorku pro zařazení v této práci:

- Významnost kognitivní studie - akceptace nebo reakce vědecké komunity, vliv na další výzkum,
- Výběr autorů studií závisí na jejich přínosu pro studovanou oblast z hlediska teoretického nebo praktického,
- Publikování v anglickém nebo českém jazyce.

Na tomto místě považujeme za nutné uvést, že výběr vzorků není vyčerpávající a řešerše nezahrnuje veškeré studie, které:

- potvrdily uvedená výzkumná šetření, ze kterých v této práci vycházíme,
- nepotvrdily uvedená výzkumná šetření, ze kterých v této práci vycházíme,
- nebyly publikovány,
- kriticky pojednaly o uvedených kognitivních koncepcích.

Užitá data vychází především z výzkumu kognitivní psychologie pracovišť a ústavů v USA a Velké Británii. Pro účely vyhledání souvisejících výzkumů uvádíme v textu klíčovou terminologii kognitivních teorií učení kurzívou v anglickém jazyce.

### **Analýza a řešené otázky**

Ústředním záměrem této studie je analýza kognitivních procesů učení provedená deskripcí, klasifikací a kritickým hodnocením shromážděných informací z teoretického a empirického výzkumu.

Kognitivní výzkum učení generuje plausibilní hypotézy, které se pokoušíme reflektovat a narativně shrnout. Obsahem přehledu je integrativní syntéza shromážděných poznatků o kognitivních procesech učení a identifikace aplikovatelných teorií pro andragogickou praxi.

## 2. UČENÍ JAKO PROCES

„Nikdy se nenech vtáhnout do vážných debat o slovech a jejich významu. Vážně je třeba brát jen fakta a tvrzení o faktech: teorie a hypotézy: problémy, které řeší, a problémy, které nastolují.“ K. R. Popper (1995)

Obecný pojem učení je nahlížen z různé perspektivy, přičemž jeho strukturu a funkci lze zkoumat u jednoduchých organismů, vyšších taxonů, sociálních primátů, lidí a umělé inteligence. Lidské učení reflektují biologické a fyziologické obory, psychologie, kognitivní věda a zvláště pak vědy o výchově a vzdělávání, jako je pedagogika nebo andragogika.

Široké pojetí charakterizuje učení jako *proces* způsobující změnu chování jedince pod vlivem vnějšího a vnitřního světa (Myslivoček, 2003), což znamená každou přetrvávající změnu chování na základě zkušenosti (Feldman et al., 1994). Zjednodušeně bychom mohli učení definovat rovnicí, kde učení bude výsledkem součtu zkušenosti a paměti. Jestliže vyjadřujeme obecnou inteligenci úrovní schopnosti učit se ze zkušeností, pak můžeme na různé formy učení pohlížet jako na různé projevy inteligentního organismu.

Linhart (1972) definuje učení jako *základní regulační a formální proces*, v němž člověk v souladu s endogenními předpoklady mění své chování, vytváří nové formy činnosti, dovednosti a rozvíjí i realizuje své schopnosti. Linhart učení chápal jako centrální psychický proces s příslušnými nervovými mechanismy, jenž interpretoval jako dynamickou a hierarchicky organizovanou posloupnost změn a stavů, jejichž výsledkem jsou změny ve struktuře psychické činnosti a chování.

Kulič (1992) považuje učení za *proces* transformující soubor poznatků o přírodním a sociálním prostředí na jejich příslušné reprezentace, formy jednání, činnosti, osobnostní rysy, sociální chování, a to směrem k rozvoji a vyšší účinnosti. Z tohoto pohledu jsou změny spatřovány v důsledku individuální nebo sociální zkušenosti.

Obecně vzato je **učení proces** probíhající vlivem nové zkušenosti uskutečňující se v centrální nervové soustavě, kde je zkušenost uchovaná. Komplexní proces učení se skládá z předpokládaných dílčích fází či procesů. Hledáme odpovědi na otázky: Jaké jsou dílčí procesy učení? V jakých strukturách se procesy učení uskutečňují? Co je podkladem procesu učení?

V této práci vycházíme z andragogického kontextu teorie vzdělávání a učení dospělých. Nejdříve se tedy podívejme na proces učení z hlediska oboru, jehož cílovým objektem je učící se dospělý.

## **Učení z andragogické perspektivy**

V této práci vycházíme z koncepce andragogiky jako aplikované vědy o vzdělávání a celoživotním učení se zaměřením na technologické aspekty učení dospělých. Uvedená perspektiva zahrnuje edukační procesy učení vztahující se k dospělému jedinci, nikoliv však ve smyslu sociotechnického paradigmatu, nýbrž podle Knowlese (1984) a jeho pojetí andragogiky jako umění a vědy o pomoci dospělým se učit (*learning how to learn*).<sup>7</sup>

Slovníkové definice uvádějí, že učení je aktivní a tvořivý proces, rozšiřující vrozený genetický program a možnosti jedince, jehož smyslem je přizpůsobování se novým situacím.<sup>8</sup>

Beneš (2008) odkazuje na obecnou psychologickou definici, podle níž je učení relativně trvalá změna chování, která vznikla na základě interakce s vnějším prostředím nebo v reakci na nějakou situaci, přičemž změna není geneticky podmíněnou reakcí či zráním nebo stavy organismu. Andragogika a pedagogika pojímá učení jako schopnost člověka produktivně vytvářet nebo měnit představy, zvyky, chování, schopnosti a dovednosti (Beneš, 2008; 2014). V andragogické perspektivě se životní problémy jednotlivce a kritické uzly v životní dráze dospělého člověka převádějí na problémy řešitelné intencionálním učením čili spojováním cílů a postupů za účelem řešení problémů prostřednictvím procesů učení (Beneš, 2014;

---

<sup>7</sup> Blíže Valenta (2006).

<sup>8</sup> Srov. Hartl a Hartlová (2010; 2015); Průcha a Veteška (2012).

srov. Šimek, 1995). Andragogická terminologie užívá v této souvislosti slovní spojení „**učení se dospělých**“ (*adult learning*), což implikuje, že centrálním objektem andragogiky je učící se dospělý.

V užším pojetí andragogiky je obvykle rozlišováno incidentní učení jako součást životních zkušeností a intencionální učení organizované jiným subjektem nebo autodidakticky samotným dospělým. Intencionální učení je plánované a systematické učení za účelem dosažení nějakého cíle učení.<sup>9</sup>

**Intencionální učení** je definováno jako záměrný proces získávání a rozšiřování poznatků vedoucích k poměrně trvalé změně struktury osobnosti, vědění, chování a prožívání, přičemž základní aspekt učení spočívá v kvantitativním a kvalitativním nárůstu osvojených poznatků nebo v přenosu hodnot a postojů směřujících k rozvoji člověka.<sup>10</sup> Intencionální učení má mnohohrstevnatý význam, neznamena pouze motivované vštěpování faktografických a encyklopedických údajů, ale také jiné poznávací aspekty. Učení dospělých zahrnuje složitější procesy strukturace a klasifikace údajů, kategorizace jevů, chápání vztahů a kauzalit, řešení problémů nebo záměrnou autobiografickou zkušenost.

V dospělém věku se uskutečňuje učení transformativně a to tím, že se vytváří nové významy na základě vztahu mezi novou zkušeností a starými interpretacemi významů. Transformativní učení znamená propracování existujících významových perspektiv, které nám umožňují porozumět novým zkušenostem v kontextu dosavadního poznávání (Dvořáková, 2012).

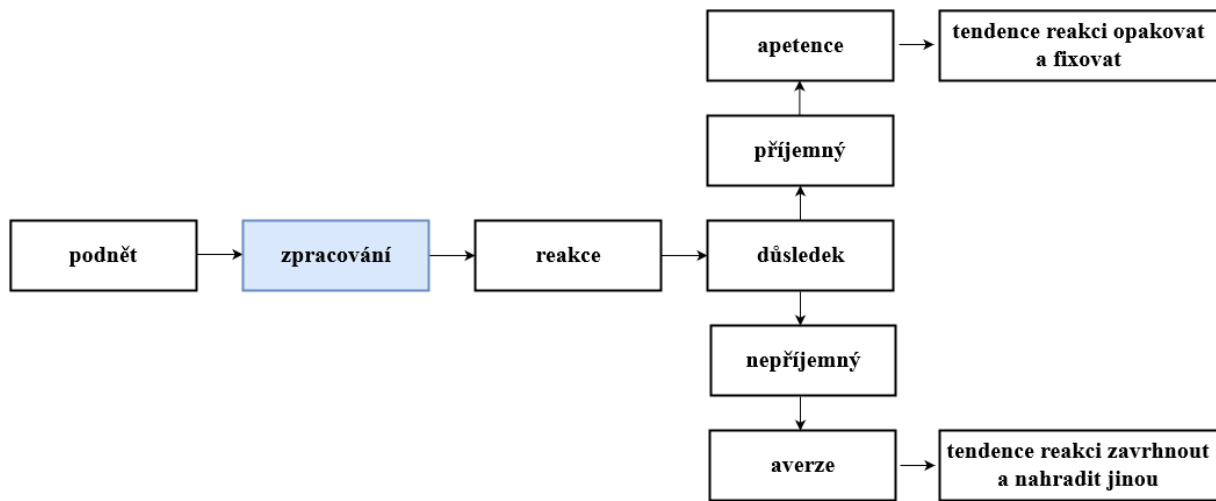
Z behaviorální perspektivy učení vychází Plamínek (2014), který za základní mechanismus učení považuje dosahování příjemných pocitů a vyhýbání se pocitům nepříjemným. Motivační faktory učení jsou založeny na velmi starém evolučním mechanismu, který ovšem nevysvětluje kognitivní procesy učení. V této práci se dále pokusíme analyzovat fázi **zpracování** v uvedeném schématu.

---

<sup>9</sup> Beneš (2008; 2014); Průcha a Veteška (2012, s. 256; 2014, s. 278); Hartl (1999; 2010).

<sup>10</sup> Srov. Palán (2002); Mužík (1998; 2004); Prusáková (2005).





Obr. 2: Schéma procesu učení (podle: Plamínek, 2014)

**Proces učení dospělých** podle andragoga Petera Jarvise (1987; In Mužík, 2004) charakterizuje: „základní lidská potřeba založená na zpracovávání informací po celý život.“<sup>11</sup>

Jarvisova stručná definiční charakteristika učení zahrnuje evolučně-psychologický substrát, informační paradigma kognitivní vědy a koncept celoživotního učení. V této práci vycházíme z uvedených modalit, přičemž se orientujeme na biologické, kognitivně-procesuální aspekty učení.

Schopnost učení s věkem neklesá, jak bylo dříve posuzováno (Thorndike et al., 1928), ale spíše se modifikuje a mění svou strukturu (krystalizuje), což umožňuje rozvoj myšlení a rozumových schopností (Koedinger & Roll, 2012).

Podle Linharta (1967) se učením nemění pouze poznání nebo způsob rozhodování, ale rozvíjí se celková činnost a osobnost člověka. Podobně přistupuje k celistvosti učení dospělého člověka andragogika, neboť učení má autoregulační a formativní (transformativní) důsledky. Učení je jednou z podmínek trvalejší modifikace psychosomatických funkcí na základě zkušenosti a předpokladem změny v prožívání, uvažování i chování (Vágnerová, 2005).

Učením rozšiřujeme soubor poznatků, měníme své formy chování a způsoby činností, vztahy k sociální skupině, ke společnosti i k sobě samým.

<sup>11</sup> Užší pojetí učení dospělých podle Jarvise představuje proces transformující zkušenost do znalostí, dovedností, postojů, hodnot a emocí v sociální interakci, přičemž do tohoto procesu vstupuje celá osobnost (Dvořáková & Šerák, 2016).

Průcha a Veteška (2012) k pojmu učení uvádí, že se výklad měnil s tím, jak se vyvíjely různé teorie učení, a poznamenávají, že v současnosti se uplatňují **koncepte kognitivní psychologie** zkoumající procesy učení z hlediska vstupů, podmínek, průběhu a výsledků učení, podle obsahu učení, ale také podle kognitivní náročnosti a složitosti učení.<sup>12</sup>

Palán (2002) definuje učení jako intrapsychický proces, kterým jsou vytvářeny a rozvíjeny poznávací struktury, tj. získávány a utvářeny nové poznatky, realizovány dispozice a získávány zkušenosti. Z perspektivy koncepte kognitivní psychologie přibližuje Palán (2002) procesuální průběh učení v posloupnosti: „osvojování, vštěpování, uspořádání, pochopení, začlenění do vlastního poznatkového (retenčního) systému, retence, zadržení, uložení osvojeného, zapamatování.“

V této práci vycházíme z kognitivního paradigmatu, v jehož rámci identifikujeme základní model kognitivních procesů učení.

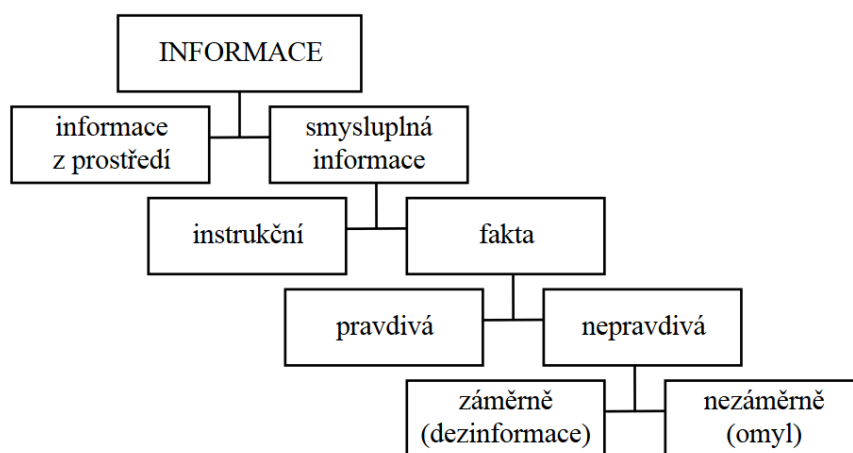
## **Učení z kognitivní perspektivy**

Kognitivní paradigma vymezuje učení jako **proces zpracování informací** (také zpracovávání informací; informační paradigma). Pro další výklad procesů zpracování informací budeme nejdříve charakterizovat těžiště pojmu informace a následně uvedeme definici učení z kognitivní perspektivy.

Etymologie slova **informace** (*information*) pochází z latinského *in-formatio* a znamená vtištění formy, utváření či ztvárnění. Informace je interdisciplinární konstrukt, na který různé obory nahlíží různou optikou. Informace v kybernetickém pojetí vychází z obecné teorie informace jako kvantitativní vyjádření určitého sdělení bez sémantické složky, zatímco v sémantickém obsahu informace vyjadřuje kvalitativní význam. Kybernetický přístup znázorňuje informaci jednotkou *bit* (popř. *byte*). Uloženou informaci je binární kód. V sémantickém obsahu informaci vyjadřují data o pozorovaném objektu, která jsou pravdivá a dobře formovaná (*well-formed*), a takto dobře formovaná data dávají nějaký smysl (Floridi, 2015).

---

<sup>12</sup> Základní rozlišení teorií učení na exogenní teorie, zaměřené na behaviorální odpovědi, a endogenní teorie, kam spadají kognitivní teorie učení, nacházíme u Hartla (1999).



Obr. 3: Definiční schéma informace (podle Floridi, 2015)

Kognitivní vědy definují informaci jako záznam dílčí vlastnosti reálného nebo virtuálního světa (Hartl & Hartlová, 2010).

Prizmatem kognitivní neurovědy jsou informace na molekulární úrovni coby elektrické signály dopravovány synapsemi z jednoho neuronu do druhého, čímž se mění síla synapsí, a jejich růst vede k tomu, co nazýváme učením (Spitzer, 2014).

Teoretik systémů Gregory Bateson (1973; In Liessmann, 2009) definuje informaci jako „rozdíl, který se při pozdější události jako rozdíl projeví“.<sup>13</sup>

Linhart (1972) považuje informaci jako zprávu, která snižuje stav nejistoty.

Informace obecně představují obsah významové položky čili fakta dávající nějaký význam. Rigorózní definice informace je validizována její užitečností.<sup>14</sup>

Z hlediska kognitivní teorie učení jsou informace selektivně vnímané jednotlivosti (položky) vnějšího prostředí nebo smysluplné informace, které jsou kódovány poznávacími systémy pro účely dalšího zpracování a vybavení. Mohou to být slabiky, čísla, slova nebo páry slov, ale také soubory složitějšího sémantického obsahu. Informace zde není myšlena ve smyslu kulturní informace, která vyjadřuje nějaký druh znalosti, dovednosti, víry nebo postoje přenášené sociálním učením.

<sup>13</sup> „The difference which makes difference.“

<sup>14</sup> Z hlediska sociálních věd lze oddělovat sociální informace od kognitivní a afektivní informace pouze didakticky nebo v dobře navrhnutém experimentu, protože všechny uvedené druhy informací tvoří jeden interagující celek (Koukolík, 2016).

Tradiční klasifikace rozlišuje tři formy lidského učení. Učení senzomotorické neboli učení se pohybovým dovednostem, sociální učení jako komplexní proces internalizace sociokulturní zkušenosti a kognitivní učení.<sup>15</sup>

**Kognitivní učení** zahrnuje procesy získávání informací, poznávání a porozumění platným obecným a kauzálním vztahům, které platí v daných podmínkách. Podle kognitivně-psychologické charakteristiky se učení projevuje získáváním zkušeností, tvorbou nových kognitivních struktur a schémat, změnou řazení poznatků a způsobů jejich zpracování a v následném využívání.<sup>16</sup>

Pojem „**kognice**“ znamená obecně mysl a všechny druhy poznávání nebo zpracovávání smyslových vstupů a informací. Zahrnuje percepci, paměť, myšlení, rozhodování, plánování nebo řešení problémů. Kognitivní perspektivou rozumíme náhled na učení jako na procesy vztahující se k poznávacím systémům zpracování informací. Poznávacími procesy a systémy se zabývá kognitivní věda, jejíž základní koncepcí je komputačně-reprezentační pochopení myšlenkových procesů, což není s ohledem na diskuzi a kritiku uzavřená teorie. Důvodem je také skutečnost, že nelze převést složitější aspekty kognice do vyhraněného komputačně-reprezentativního pojmosloví (Thagard, 2001; Petrů, 2007).

**Kognitivní perspektiva** vztahuje procesy učení k jazyku a řeči. Důvodem je univerzální schopnost dětí naučit se jakýkoli jazyk, schopnost rozumět jazyku a řeči nebo tvořit abstraktní výroky.<sup>17</sup> Učení je v tomto smyslu elementární hnací silou a základem vnitřní organizace vzhledem k variabilitě vnějšího prostředí.

Komplementární modalitou kognitivní perspektivy jsou procesy zpracování příčinných souvislostí. Kauzální učení příčin a následků v tomto ohledu představuje významný adaptivní potenciál složitého organismu se schopností činit deduktivní závěry a implicitně vypočítávat statistické pravidelnosti, což je podstatnou složkou předpokladu šetrnosti, soudržného a pružného uvažování a reprezentace nejistoty (Cheng & Buehner, 2012).

---

<sup>15</sup> Typologií a klasifikací učení je nepřeborné množství. S ohledem na jejich rozsah a cíl práce nebudeme jejich systemizace uvádět. Přehled viz Gagné (1975); Kulič (1992); Mareš (2013b).

<sup>16</sup> Vágnerová (2005; 2016).

<sup>17</sup> Chomsky (1957); Thagard (2001); Bloom (2015).

Kognitivní psychologové pokládají učení za komplexní procesy osvojování znalostí a dovedností a schopnost vyvolání znalostí z paměti v případě potřeby. Zpravidla je proces učení členěn, podobně jako základní paměťové procesy, na fáze či sekvence: kódování, uchování a vybavování.<sup>18</sup>

Široké definiční pojetí kognitivní teorie učení vychází z popisu fází učení podle Eysencka a Keaneho, (2008, s. 186):

*„Učení a následné zapamatování probíhá v několika fázích. První fáze, během které prezentujeme učební materiál, je známá jako kódování. Kódovaná informace je poté uložena v paměťovém systému. Toto „skladování“ nebo uchování informace je druhou fází. Posledním a konečným stadiem je vybavení – zpětné získání informace uložené v paměti.“*

Učení z kognitivní perspektivy konceptualizujeme operační definicí, která je vyjádřena popisem operací a zakotvená v příslušné teorii.<sup>19</sup>

*„Učení z kognitivní perspektivy vyjadřuje procesuální model zpracování informací zahrnující integrované procesy kódování, uchování a vybavování.“*

Fáze učení tvoří komplex kognitivních procesů. Rozlišování mezi jednotlivými fázemi učení je užitečné pro empirický výzkum a procesuální modelování učení.

## **Základní model kognitivních procesů učení**

Didaktické modelování poznávacích procesů učení má své počátky v první polovině sedmnáctého století. Zakladatel didaktiky **Jan Amos Komenský** (1592-1670) již ve své době předpokládal dílčí kognitivní procesy učení, jakožto paměťové fáze ukládání znalostí, které se nápadně podobají soudobému modelu učení a paměti. Podle Komenského (1646; 1946) se učení vyvíjí tak, že subjekt: *„přijímá věci, smysly zachycené, je uchovává a podle potřeby opět vydává.“* Procesy učení Komenský vyjadřoval slovesnými tvary: *„vtisknouti, ukrývati, uchovávati a vydávati, čili zachycovati, podržovati, vraceti a rozpomínati se.“*

---

<sup>18</sup> Srov. Eysenck a Keane (2008); Sternberg (2009); Brown, Roediger a McDaniel (2017).

<sup>19</sup> Srov. Disman (2002).

Poznamenejme, že andragogická didaktika vychází z původní práce Komenského, zejména ve svých principech a zásadách.<sup>20</sup>

Empirický výzkum učení byl zahájen až na konci 19. století a kognitivní procesy učení začaly být předmětem zájmu až s příchodem informačního paradigmatu a procesuálního modelování.

Konstruktivisticky zaměření vědci v procesech učení spatřovali tři současně probíhající procesy: osvojování nové vědomosti nebo dovednosti; začlenění vědomosti nebo dovednosti do dosavadního systému; zjištění, zda výsledek odpovídá zadanému úkolu nebo cíli (Bruner et al., 1956). Učení v tomto modelu znamená proces objevování nových pravidel, jejichž reorganizace se uskutečňuje na základě nové zkušenosti.<sup>21</sup>

Pribram (1974) koncipoval kognitivní procesy učení zkratkou 4R, která vyjadřuje procesy reprezentace, rekonstrukce, registrace a reorganizace.

Učení pojímá mnoho dalších dílčích jevů, které byly doloženy. Příkladem mohou být procesy zapojené do „učení se z knihy“ zahrnující vizuální percepci informací z tištěného textu, sémantické kódování, orientovanou pozornost na obsah knihy, užití jazykových dovedností, tvorba reprezentace znalostí, řešení problémů (Eysenck & Keane, 2008).

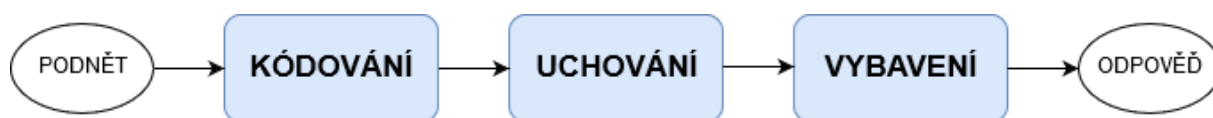
Paměťové procesy formují reprezentace událostí, které překládají na kódované celky (*encodings*) do relativně stabilní a trvalé podoby pro následné vyvolání reprezentace za určitých podmínek (Weingartner & Parker, 2014).

Ustálená klasifikace poznávacích procesů učení a paměti popisuje jednotlivé procesy zpracování informací v rozsahu tří základních fází: kódování, uchování a vybavování.

---

<sup>20</sup> Srov. Mužík (1998; 2004).

<sup>21</sup> V kognitivním paradigmatu bychom uvedené procesy vyjádřili jako: kódování nových vstupních informací; konsolidaci paměťové stopy a hodnocení úrovně vybavování z dlouhodobé paměti.



Obr. 4: Základní model kognitivních procesů učení

1. **kódování** (*encoding*) – kognitivní psychologie označuje kódování jako mechanický převod jednoho typu informace na jiný typ informace, převádění fyzikálních a sensorických informačních vstupů na paměťové stopy.
2. **uchování** (*retention, storage*) – přesun zakódovaných informací do paměti, ve které jsou nadále udržovány (Sternberg, 2009), prostorová metafora (uskladnění).
3. **vybavení** (*retrieval, recall, recognition*) – zpětné získání informace, která je uchována v paměti, případně rozpoznání informace (rozlišení v testech).

Podle základního kognitivního modelu se učení uskutečňuje ve třech základních fázích, které mohou být považovány za posloupné navazující procesy. To by byl pravděpodobně mylný výklad, protože jednotlivé procesy jsou ve vzájemné zpětnovazební interakci a nelze je zcela exaktně vymezit demarkační čarou, přestože se o to kognitivní výzkum učení pokouší alespoň experimentálně.<sup>22</sup>

Didaktické rozlišení procesů učení je možné na základě metaforického přiblížení, teoretických předpokladů a testovatelných hypotéz.

Před dvaceti lety bylo obecně přijímaným podkladem učení konsolidace fyziologických stop tvořených řetězcem elektrofyziologických a neurochemických změn v mozku. Základní mechanismy složitějších aspektů učení a paměti nebyly známy (Baddeley, 1999). Interdisciplinární výzkum pokračuje, a přestože soudobé kognitivní vědy v tomto směru značně pokročily, jak dále ukážeme, je otázka kognitivních procesů učení stále otevřená.

<sup>22</sup> Eysenck a Keane (2008) k tomu dodávají, že je důležité rozlišovat mezi strukturou a procesem a mezi kódováním, uchováním a vybavením, přičemž si nelze představit strukturu bez procesu nebo vybavení bez předchozího kódování a uložení.

## Shrnutí

Vycházíme z teorie vyučování orientované na poznávací procesy podle J. A. Komenského (1646; 1946) a koncepce andragogiky jako umění a vědy o pomoci dospělým se učit (Knowles, 1984). V andragogice se při definování pojmu učení vychází z psychologických koncepcí, jejichž objektem je učící se dospělý. Prostřednictvím intencionálního učení lze v rámci psychických a kognitivních dispozic dospělého člověka modulovat transformaci nových zkušeností.

V moderní andragogice se uplatňují koncepce kognitivní psychologie. Z kognitivní perspektivy je učení proces zpracování informací, přičemž informace považujeme za selektivně vnímané položky z vnějšího prostředí nebo smysluplné informace, kódované poznávacími systémy pro účely pozdějšího vybavení.

Základní kognitivní model učení zahrnuje fáze, jejichž modelováním lze procesy učení ověřovat. Ustálená klasifikace popisuje kognitivní procesy učení v rozsahu tří základních fází: kódování, uchování a vybavování.

Cílem této práce je analyzovat procesy učení z hlediska převádění jednoho typu informace na jiný typ informace, kterou lze uchovat a později vyhledat. Vycházíme přitom z premisy, že procesy učení jsou neoddělitelné od cerebrálních procesů a existuje izomorfní vztah mezi funkčními systémy mozku a organizací kognitivních systémů, které jsou podkladem učení.

Chceme-li porozumět poznávacím procesům učení z hlediska interdisciplinárního výzkumu kognitivní vědy, je zcela nezbytné učení extrapolovat v souvislostech evoluční, biologické a fyziologické perspektivy.



### 3. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

Evolučně-biologicky vzato lze fenomén učení spatřovat na úrovni vývojově nejstarších organismů. Přírodní výběr je v tomto ohledu biologickým mechanismem učení, jehož charakteristiku shrnuje aktivita centrální nervové soustavy potencující biologickou zdatnost organismu a míru relativního reprodukčního úspěchu (*fitness*).

Učení je fylogeneticky starý proces, jenž rozvíjí vrozené předpoklady, zvyšuje adaptabilitu organismu a pravděpodobnost přežití v proměnlivém prostředí.

Podle neodarwinismu je evolučním podkladem učení specifická schopnost fixace výhodných změn, které umožňují vznik komplexních adaptivních vlastností.<sup>23</sup>

Žijeme ve strukturovaném světě, v němž platí logické zákonitosti. Úspěch složitějších organismů závisí mimo jiné na schopnosti učení a přizpůsobování vnějšímu prostředí. **Fenotypová plasticita**, schopnost reagovat na podmínky vnějšího okolí, je principem učení. Učit se ze zkušeností, rozeznávat a využívat nové příležitosti, je zejména u lidí základní evoluční mechanismus srovnatelný s mechanismem náhodných variací dědičnosti (Barrett et al., 2007; Koukolík, 2013).<sup>24</sup>

Evolučně viděno má získávání reprezentací minulých zkušeností a jejich ukládání ve formě autobiografických vzpomínek smysl pro budoucí situace, což potencuje biologickou zdatnost a reprodukci dawkinsových „sobeckých“ genů a schopnost přežití.<sup>25</sup>

Významný etolog Nikolaas Tinbergen v roce 1963 napsal, že každá teorie zabývající se neurobiologií nějakého chování musí vysvětlit jeho příčiny, význam pro přežití, evoluci a ontogenetický vývoj (In Koukolík, 2008).<sup>26</sup>

S vývojem druhů se prostřednictvím přirozeného výběru současně vyvíjelo učení směrem k složitějším formám.

---

<sup>23</sup> Evoluční genomika má za to, že přírodní pozitivní výběr je jedním, nikoli jediným, ze základních evolučních faktorů umožňující rozvoj komplexity.

<sup>24</sup> Získané dovednosti mohou být výhodnější než ty, které mají živočichové „zabudovány natvrdo“ (Churchlandové, 2015, s. 122).

<sup>25</sup> Evolučními mechanismy a vrozenými základy učení se zabývá evoluční psychologie (Barrett et al., 2007) a etologie (Lorenz in Pribram, 1974; de Waal, 2006).

<sup>26</sup> Srov. Dobzhansky (1973).

## Etologie učení

Schopnost a principy učení zvířat zkoumá etologie a příbuzné obory.<sup>27</sup> Tendence detekovat a reagovat na významné události jsou přítomné v jednoduchých buňkách a přetrvávají u všech obratlovců a bezobratlých (LeDoux, 2012).

Mechanismus paměti a učení byl doložen u jednoduchého mořského organismu *Aplysia californica*, rozšířeným objektem neurofyziologického výzkumu.

Sociální učení a některé druhy explicitního učení jsou doloženy u řady savců, například u delfínů a slonů, ale také u nižších taxonů, například u koljušek nebo chobotnic (*Octopus vulgaris*), které se učí nápodobou.<sup>28</sup> Krkavcovití pěvci, zejména novokaledonské vrány (*Corvus moneduloides*), učí mláďata vyrábět a užívat nástroje (háčky a bodce) a v laboratorním prostředí zvládají vyřešit řadu kognitivních testů. Surikaty (*Suricata suricatta*) učí mláďata získávat potravu a chránit se před predátory. Primáti disponují rozsáhlým rejstříkem sociálního chování, například mají vynikající schopnost asociativního učení a rozvinuté percepční a motorické systémy (Bloom, 2015), nebo se učí jednat a vycházet se členy sociální skupiny (de Waal, 2006).

Předpokládá se, že učení u šimpanzů může probíhat metodou pokus-omyl (*trial and error*) a následným předáváním této zkušenosti dalším generacím prostřednictvím sociálního učení. Příkladem tohoto typu učení může být upravování větví k efektivnějšímu sběru termitů (Dunbar, 2009). Vzhledem k tomu, že se jedná pouze o určité populace šimpanzů, můžeme hovořit o kulturních prvcích.

Kulturní chování se šíří sociálním přenosem. Sociální učení provází základní a autonomní mechanismy jako jsou imitace, posilování reakcí na stimuly a emulace.<sup>29</sup>

U makaků japonských (*Macaca fuscata*) se ukázalo, že s pomalým průběhem předávání kulturních prvků nelze hovořit o bezprostřední imitaci. Zdali je řízený proces výuky vlastní pouze člověku, anebo se vyskytuje i u dalších sociálních savců,

---

<sup>27</sup> Systematickým studiem učení zvířat se zabýval již Charles Darwin (1809-1882). Zakladatelem moderní etologie se stal Nikolaas Tinbergen (1907-1988), Karl von Frisch (1886-1982) a Konrad Lorenz (1903-1989), jehož studium instinktivního chování přispělo k objevu raného emočního učení známého jako *imprinting*.

<sup>28</sup> Přehled de Waal (2006); Petru (2007); Dunbar (2009); Koukolík (2013).

<sup>29</sup> Emulace znamená oslabování reakcí na stimuly.

není zcela jasné. Přestože lze považovat systematické učení u lidí za naprosto výjimečné, vyskytuje se druh systémového učení také u některých savců. Například u koček, které svým mláďatům přinášejí polomrtvé myši a ptáky, aby se mohla učit lovit, nebo u šimpanzích samic, připravujících svým potomkům příležitosti pro učení, jak zacházet s potravou (Dunbar, 2009, s. 164-168).

Experimentální studie doložily, že šimpanzi chápou cíle a záměry ostatních šimpanzů a rozlišují u jiných šimpanzů nevědomost od vědění. Nicméně neexistují žádné důkazy o tom, že šimpanzi dosahují schopnosti vykazovat složitější mentální a emoční stavy (Call & Tomasello, 2008).

Pouhé zprostředkování možnosti učení pozorované u některých savců a vědomě řízené procesy učení odděluje demarkační čára, za kterou se nachází pravděpodobně pouze druh *Homo sapiens* disponující nejsložitějšími formami učení. Architektura a výpočetní mohutnost kognitivních systémů a poznávacích funkcí lidského mozku se v evoluci vyvíjela k úrovni, která člověka odděluje od ostatních členů živočišné sféry.

Existuje řada teorií učení, které byly vystavěny na experimentálním výzkumu se zvířaty, převážně savci. Dodejme, že v současném experimentálním výzkumu učení a paměti je nejrozšířenější pokusné zvíře potkan obecný (*Rattus norvegicus*).

## **Biologické podklady učení**

V této části práce se zabýváme otázkou, co je podkladem procesů učení. Zjišťujeme, kde se nachází uchované informace a co je biologickým podkladem učení, neboť nauka o učení se bez studia biologie neobejde (Sovák, 1985).

Fyziologický výzkum učení se od počátku minulého století soustředil na hledání principu uchovávání naučených obsahů v centrální nervové soustavě.

V roce 1921 navrhl vlivný evoluční biolog Richard Semon (1859-1918) teoretický konstrukt pro mechanismus ukládání informací v paměti. Semon vycházel z předpokladu, že učení se uskutečňuje prostřednictvím neurobiologického mechanismu ukládání engramů (*engrams*) umožňujících „znovuoživení“ uložených informací. Metaforicky řečeno je engram **paměťová stopa** (*memory trace*) jako

základní jednotka paměti, která vyjadřuje biochemickou molekulární změnu jako odpověď v centrální nervové soustavě organismu v reakci na stimul.

Neuropsycholog Karl Spencer Lashley (1890-1958) se neúspěšně pokoušel experimentálně lokalizovat engram u pokusných zvířat. Poté, co u pokusných potkanů nenašel paměťovou stopu, vyvodil závěr, že engramy musí být distribuovány v širším objemu mozkové kůry.

Předpokládá se, že hypotetické místo pro uložené vzpomínky skutečně existuje jako **engram uchovávaný v prostorově distribuované podobě** (*distributed encoding and storage*). Soudobé technologie zobrazování mozku, výpočetní modelování a analýzy neuropsychologických deficitů poskytují jasnější porozumění, jak vznikají v cerebrálních strukturách paměťové stopy.

V roce 2008 se tým vědců vedených zkušeným neurochirurgem Itzhakem Friedem pokusil odhalit struktury učení. Experiment uskutečnili s pacienty (n=13), kteří čekali v rámci jejich léčby na epileptický záchvat v nemocničním prostředí. Pacienti měli při čekání aplikované elektrody v mozku, čehož Fried využil pro výzkum formování nových paměťových stop. Pokusné osoby nejdříve sledovaly epizody TV seriálů (*Seinfeld, Simpsons*) sestavené z audiovizuálních sekvencí, a poté se pokoušely vybavit (*conscious recollection*) jejich obsahy. Při vybavování se selektivně reaktivovala jejich stejná síť neuronů ve stejné oblasti mozku, jako se aktivovala v průběhu **kódování primárních informací** z vystavených podnětů ve formě sekvencí. Autoři studie považují doloženou reaktivaci za „neuronální korelát subjektivní zkušenosti spontánního vybavování“ (Gelbard-Sagiv et al., 2008).

Analýzy formování paměti naznačují, že paměť je vysoce dynamický proces probíhající v různém čase v různých oblastech mozku (Nadel et al., 2000; 2012).

## **Anatomie učení**

Profesor fyziologie Paul MacLean (1913-2007) formuloval v 60. letech minulého století model fylogenetického procesu vývoje lidského mozku, který zahrnuje rozsáhlé propojení tří evolučně uspořádaných formací sloučených do trojjediného celku (*triune brain theory*).

Evolučně nejstarší část mozku (*reptilian complex; R-complex*) generuje instinkty, reflexy a pudy. Evolučně starší část mozku, společná všem savcům, známá jako **limbický systém** (*limbic system*)<sup>30</sup>, je podkladem emocí a učení. Limbický systém je integrován s vývojově nejmladší částí mozku zvanou mozková kůra (*neokortex*).

Slovo *triune* znamená, že celek je více než součet jeho částí, protože výměna informací mezi třemi částmi mozku generuje více informací, než kdyby se informační operace uskutečňovaly samostatně. Metaforické přirovnání vysvětluje model jako sloučení tří vzájemně propojených biologických počítačů, z nichž každý se specializuje na různé funkce, například na paměť (MacLean & Ashbrook, 1993).

Model je příliš zjednodušující a nepřesný, ve své době byl však postaven na dostupných anatomických a jiných důkazech. S ohledem na moderní výzkum lze model považovat za didakticky užitečný pro přiblížení strukturálního podkladu učení, byť je model předmětem oprávněné diskreditace a kritiky.<sup>31</sup>

Zcela zásadní součástí limbického systému je **hipokampus** (*hippocampus*), přesněji hipokampální formace vzhledem ke dvěma hemisférám mozku. Hipokampus integruje informace z vnějšího prostředí s informacemi z vnitřního prostředí, je těžištěm funkčního systému emotivity, prostorové paměti ve formě navigace a kritickou strukturou mozku pro ukládání a vybavování informací z dlouhodobé paměti.<sup>32</sup>

Vědecká skupina vedená Moserovými publikovala v časopisu *Nature* studii o experimentálním výzkumu paměti potkanů (Jezek et al., 2011). Studie ukázala, že podkladem prostorové paměťové stopy jsou uspořádané soubory buněk v hipokampech, které tvoří unikátní entitu kódující specifický engram.

Molekulární pohled naznačuje, že je zpracování paměti v čase sekvenční. Mozek každou sekundu „přepočítává“ engramy a přibližně osmkrát resetuje paměť. Elementární vzpomínka trvá přibližně 125 milisekund. V mozku se odehrávají procesy připomínající „přepínání“ mezi vzpomínkami. Je teoreticky možné,

---

<sup>30</sup> Termín „limbický“ (z lat. slova *limbus* - okraj) poprvé užil francouzský anatom Paul Broca jako konstrukční označení pro okraj mozkové kůry ve střední části hemisfér. Tento okraj nazval *le grande lobe limbique* čili limbický lalok (LeDoux, 2012).

<sup>31</sup> Přehled LeDoux (2012); Kiverstein a Miller (2015).

<sup>32</sup> Crick (1997); Koukolík (2012; 2014; 2016); Churchlandová (2016).

že mozek může během jedné sekundy zpracovat přibližně osm vzpomínek. Biologicky vzato má taková funkce pro organismus vysoce adaptivní potenciál (Jezek et al., 2011; Jezek, 2016; Fyziologický ústav, 2018).<sup>33</sup>

Cameron, Yashar, Wilson a Fried, (2001) hledali odpověď na otázku, jaký je neuronální základ pro zkušenost, která později bude nebo nebude znovu vybavena. Vědci zaznamenali aktivitu 128 neuronů u 12 epileptických pacientů v oblasti spánkového laloku mozku (amygdala, entorinální kůra, hipokampus) v průběhu kódování a vybavování párových slov. Neurony vykazovaly změněnou aktivitu v procesu kódování (9 %), vybavování (22 %) a v obou fázích (23 %). Odpovědi neuronů v hipokampech během kódování předpovídaly, zda budou položky později při párování vybaveny, podobně jako jiná část mozku (entorinální kůra) během vybavování korelovala s úspěšným vybavením. Data poskytují předběžnou představu o kvantitativním neuronálním podkladu kódované informace.

Rozšířená evidence důkazů ukazuje, že různé části hipokampů se podílí na kódování, ukládání a získávání různého typu informací. Hipokampus je kritickou strukturou pro paměťové reprezentace.

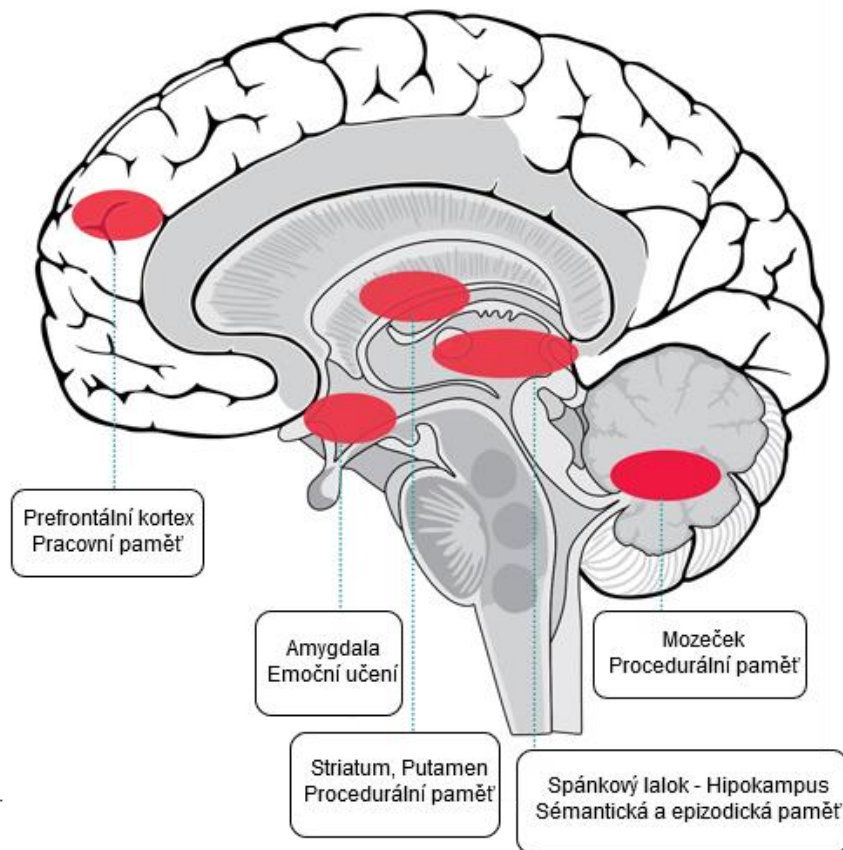
Výzkum amnestických pacientů doložil, že hipokampální soubory jsou vždy zapojeny do ukládání a vyhledávání epizodických informací, v případě některých typů paměti je patrné vzájemné působení hipokampální formace s mozkovou kůrou. Předpokládá se, že ukládání epizodických vzpomínek v dlouhodobé paměti je výsledkem přenosu informací z hipokampu do neokortexu, který poté umožňuje vznik reprezentace nezávislé na hipokampu.<sup>34</sup>

Klíčovým neurobiologickým podkladem při zpracovávání nových informací a jejich ukládání do dlouhodobé paměti je hipokampální formace.

---

<sup>33</sup> V roce 2014 získali manželé Moserovi za výzkum paměti Nobelovu cenu za fyziologii a medicínu.

<sup>34</sup> Nadel et al. (2000); Tambini, Ketz a Davachi (2010).



Obr. 5: Neurobiologický podklad učení (podle: Lee a Lozano, 2017)

## Synaptická plasticita jako podklad učení

Z tradičního neurofyziologického hlediska je učení tvorbou podmíněných reflexů za účelem docilování homeostázy na základě vnitřních i vnějších signálů. Proces učení způsobuje na základě signálů změnu chování organismu vytvořením dočasného spojení. Pojem dočasné spojení neznamena podmíněný reflex, ale interakce mezi ohnisky centrálního nervového systému (Myslivoček, 2003).

Aktivita centrální nervové soustavy, která se projevuje jako řetězce elektrofyziologických a neurochemických změn v mozku, je biologickým podkladem učení (Baddeley, 1999).

V lidském mozku se nachází přibližně 84 miliard neuronů a trilión nebo možná trilióny synapsí. Synapse je štěrbina mezi neurony, která neurony propojuje prostřednictvím synaptických zakončení axonů jednoho nebo více neuronů s dendrity jednoho nebo více neuronů. Synapse jsou dynamické jednotky různých tvarů, které umožňují přenos informací mezi neurony (Koukolík, 2012).

Značná část synapsí vzniká vlivem zpracování nových informací. Synapse vznikají, „učí se a rekonsolidují“ nebo zanikají.

Funkční architekturu mozku lze chápat jako propojení dvou složitých typů strukturální a chemické organizace umožňující růst celkové složitosti systému. Výsledkem je nekonečná soustava různých druhů aktivace odrážející nekonečné množství proměn zevního světa (Goldberg, 2004).<sup>35</sup>

Objem základních informací v mozku roste exponenciálně. Nelze však hovořit o neomezené výpočetní kapacitě lidského mozku, jehož systémy mohou v čase zvládnout stále větší objem informací, protože výpočetní mohutnost lidského mozku je v praktickém slova smyslu omezená (Goldberg, 2004).

Neurofyziologickým mechanismem učení a paměti je **dlouhodobá potenciace** (*long-term potentiation*), trvalé posilování synapsí na základě nedávné aktivity produkující dlouhodobé zvýšení přenosu signálu mezi dvěma neurony.<sup>36</sup> Jinou formou synaptické plasticity je posttetanická potenciace (*post-tetanic potentiation*), která krátkodobě zvyšuje frekvence excitace postsynaptických potenciálů. Oba mechanismy facilitují synaptický přenos a neurochemicky a elektrofyziologicky koordinují funkční systémy mozku.

Informace jsou zpracovávány na buněčné úrovni a odráží se v chování organismu. Bazálním substrátem učení jsou molekulární mechanismy synaptické plasticity představující universální schopnost nervového systému adaptace a změny v čase v interakci s prostředím (Koukolík, 2014a).

**Podkladem učení je synaptická plasticita** (neuronální plasticita) neboli schopnost neuronálních sítí měnit své uspořádání a topografii v reakci na učení.

Na procesy učení lze nahlížet z úrovně elektrochemického přenosu informací mezi neurony (Sternberg, 2009). Informace se přenášejí mezi neurony excitací dendritů (přesněji překročením prahu excitace) a šířením vzruchů (akční potenciály) prostřednictvím elektrochemické reakce. Učení z tohoto pohledu znamená tvorbu

---

<sup>35</sup> Funkční systémy lidského mozku reprezentují neurokognitivní síť velkého rozsahu (*large-scale neurocognitive network*), což je tradiční pojem definující funkční architekturu mozku, například funkční systém percepce nebo paměti. Základní didaktickou výhodou je jednoduchost a přehlednost. Současnost tuto klasifikaci překonává (Koukolík, 2012).

<sup>36</sup> Opačným jevem k dlouhodobé potenciaci je dlouhodobá deprese („*long-term depression*“)



neuronových sítí vlivem nových excitačních a inhibičních spojů různého rozsahu. Zobrazovací metody umožňují vidět, kdy a kde se procesy učení uskutečňují.

Neurony mezi sebou „komunikují“ prostřednictvím nervových přenašečů (neurotransmitery). Neurotransmitery jsou molekulární chemické látky, které se vyskytují v nervové soustavě a slouží k přenášení vzruchů mezi nervovými buňkami. V současnosti je známo okolo šedesáti neurotransmiterů, některé z nich se podílejí na procesech učení, zejména jsou známé acetylcholin (ACh), dopamin (DA) a serotonin (5-HT).<sup>37</sup> Předpokládá se, že některé mechanismy učení a paměti ovlivňuje rovněž neurotransmiter glutamát.<sup>38</sup>

## **Ontogenetický vývoj a celoživotní schopnost učení**

Ontogenetický vývoj člověka vysvětluje řadu změn ve složitosti, funkci, formách a procesech učení. Lidský mozek se v průběhu svého vývoje staví, dostavuje a přestavuje.<sup>39</sup> Člověk má unikátní neurobiologický podklad a potenciál pro celoživotní učení. V tomto směru rozlišujeme učení dospělých od učení dětí, které mají odlišnou neurokognitivní architekturu mozku. Přibližně 90 % neuronální geneze končí kolem věku 6 let, což koresponduje s kritickým obdobím získávání jazykové kompetence (Sternberg, 2009).<sup>40</sup>

Vyžívání mozku je dále postupné a vrcholí dozráváním předních částí čelních laloků mozku (*prefrontal cortex*), které jsou klíčovým substrátem pro exekutivní funkce (Goldberg, 2004; 2006).<sup>41</sup>

Během dospělosti se v návaznosti na neuronální změny v některých modalitách kognitivní procesy zpomalují. Analýzy potvrzují zpomalení procesů

---

<sup>37</sup> Acetylcholin se podílí na procesech učení (Sternberg, 2009); Dopamin je prokazatelně nezbytný pro učení - podílí se na neurálních změnách v systému odměn a trestů; Serotonin je neurotransmiter starý přibližně 500 miliónů let a rovněž se podílí na učení v systému odměny (Churchlandová, 2015, s. 57, s. 93, s. 285).

<sup>38</sup> Baddeley (1999); Sternberg (2009, s. 54-55).

<sup>39</sup> Goldberg (2006); Koukolík, (2012; 2014).

<sup>40</sup> Novější studie upravují kritické období pro získávání jazykové kompetence na pozdější věk, než se doposud předpokládalo (Hartshorne, Tenenbaum & Pinker, 2018).

<sup>41</sup> Vyžívání lidského mozku (také myelinizace), včetně jeho funkcí, probíhá po narození poměrně dlouho. Čelní laloky mozku začnou vyžívát někdy mezi 6. až 12. měsícem, ale nejbouřlivější vyžívání probíhá v období dospívání (Koukolík, 2008; 2014a).

i za předpokladu vyloučení stárnoucích osob s demencí. Zpomalení provází celkovou činnost nervové soustavy, zejména pracovní paměť a pozornost.

S přibývajícím věkem nedochází pouze k poklesu kognitivních schopností, ale objevuje se také zlepšování a rozvoj některých způsobů myšlení, jako například usuzování, řešení problémů a rozhodování.<sup>42</sup>

Nervové buňky lidského mozku v průběhu stárnutí ubývají poměrně málo, někde okolo 10-15 % v čelních a spánkových lalocích (Koukolík, 2014). Od rané dospělosti do věku přibližně 80 let dochází ke ztrátě okolo 5 % celkové hmotnosti mozku (Sternberg, 2009). Současně však mozky dospělých lidí vykazují permanentní změny v synaptické aktivitě. Tyto neurofyzilogické změny v mozku vnímáme jako do jisté míry kompenzační procesy. Z tohoto pohledu se zdá být velmi obtížné zobecnit vzestup a pokles kognitivních schopností u zdravých dospělých lidí v průběhu jejich životní dráhy.

Podle hypotézy fluidní a krystalické inteligence se má za to, že vrozená fluidní inteligence vrcholí okolo věku 20 let, a poté nastává pozvolný pokles, zatímco získaná krystalizovaná inteligence představující schopnost kumulace znalostí se může vlivem učení v čase zlepšovat a vrcholit okolo věku 40 let.

Nedávno publikovaná internetová studie s nebyvalým výzkumným souborem (n=48.537) ukázala, že různé složky fluidní inteligence vrcholí značně diferencovaně a u různých lidí v různém věku (Hartshorne & Germine, 2015). Některé kognitivní schopnosti vrcholí ve věku okolo 20 let, jiné dosahují vrcholu ve věku 30 let nebo později. Kupříkladu rychlost zpracování informací vrcholí ve věku 18-20 let, pracovní paměť se zlepšuje až do věku 25 let a klesat začíná okolo věku 35 let. Schopnost číst emocionální stavy druhých lidí vrcholí okolo věku 40-50 let. Neexistuje jeden vrchol, ale různé vrcholy pro každou složku inteligence. Podobná zjištění se týkají také krystalické inteligence, kdy například při měření úrovně slovní zásoby studie naznačují vrcholy mnohem později, než se původně předpokládalo, a to okolo věku 60-70 let.

---

<sup>42</sup> Srov. Sternberg (2009, s. 496-497).

Z pohledu uvedené studie nelze spolehlivě určit věk, kdy dochází k poklesu kognitivních schopností. Změny v kognitivních schopnostech v průběhu života jsou mnohem diferencovanější, než původně naznačovala hypotéza fluidní a krystalické inteligence. Lze se domnívat, že studie může být ovlivněna kohortovým efektem. Lidé narození v r. 1945 mají neobvykle bohatou slovní zásobu, lidé narození v roce 1980 disponují lepší pracovní pamětí a lidé narození v roce 1990 mají rychlejší zpracování (Hartshorne & Germine, 2015).

Změny mezi kohortami mohou být způsobeny vlivem informačních technologií, růstem střední délky života nebo růstem gramotnosti a vzdělání.<sup>43</sup>

Bude nanejvýš zajímavé, jaké výsledky přinesou další studie, testující pozdější ročníky, které se narodily již v prostředí informačních technologií.

V případě schopnosti učení se novému jazyku je situace naprosto odlišná.

Děti se učí novému jazyku mnohem jednodušeji než dospělí. Je podivuhodné, s jakou lehkostí zvládají pravidla gramatiky a větné stavby malé děti, a s jakou kognitivní námahou se novým pravidlům syntaxe učí dospělí. Kdy nastává vrchol schopnosti učit se cizí jazyk je otázkou, na kterou se pokusili najít odpověď Hartshorne, Tenenbaum a Pinker (2018).

Bezprecedentní studie vzhledem k robustnímu výzkumnému souboru (n=669.498) a kreativní metodě sběru dat (internetová studie) ukázala, že učení gramatiky nového jazyka má kritický vrchol okolo 17-18 let. Po tomto pomyslném vrcholu schopnost tohoto typu učení trvale klesá. Dosáhnout jazykové kompetence na úrovni rodilého mluvčího je možné, jestliže je výuka jazyka zahájena nejpozději ve věku 10 let, poté následuje strmý pokles a spíše neschopnost dosahovat takové schopnosti. Lidé, kteří se začnou učit cizí jazyk mezi 10. a 18. rokem věku, se ještě učí poměrně rychle a dosahují vynikajících výsledků (Hartshorne et al., 2018).

Vzhledem k heterogenitě dospělé a stárnoucí populace nelze zcela jednoznačně identifikovat kritické limity věku pro různé typy učení. V případě učení cizího jazyka platí, že čím dříve se s jazykovou výukou začne, tím lépe. V průběhu dospělosti schopnost učení se cizímu jazyku trvale klesá.

---

<sup>43</sup> Srov. Rosling et al. (2018).

## Učení mění lidské mozky

Procesy učení mění mozky na strukturální a funkční úrovni.<sup>44</sup>

Strukturální změny v důsledku učení činí mozky jednotlivých lidí zcela odlišnými (Churchlandová, 2015), což bylo doloženo po pouhých pěti týdnech učení (Koukolík, 2012). Klasickým dokladovaným příkladem neuroanatomických změn v důsledku učení je studie řidičů taxi v Londýně s rozvinutou prostorovou pamětí a objemově většími hipokampy oproti kontrolním subjektům.

Maguire et al. (2000) zkoumali pomocí magnetické rezonance mozky řidičů taxi ve věku od 32 do 62 let ( $n=16$ ), kteří museli absolvovat rozsáhlý výcvik a naučit se položky tisíce míst. Výcvik a učení trvá průměrně dva roky, než je možné dosáhnout způsobilosti k držení licence a provozování taxislužby. Vyšetření prostorové paměti těchto ideálních subjektů prostřednictvím magnetické rezonance odhalilo, že zadní hipokampy řidičů taxi byly výrazně větší než u kontrolní skupiny. Přední hipokampy byly zase větší u kontrolních subjektů než u řidičů taxi. Objem hipokampů koreluje s dobou praxe, což implikuje, že některé části hipokampů uchovávají prostorovou reprezentaci. Studie naznačuje, že zdraví dospělí lidé mohou učením dosahovat strukturálních změn mozku v reakci na požadavky prostředí.<sup>45</sup>

Jiná neuropsychologická studie doložila vliv učení na stavbu a činnost mozků dospělých portugalských žen, sociokulturně homogenních, z nichž jedna skupina navštěvovala školu, ženy tedy uměly číst a psát, a druhá skupina žen byla analfabetická. Ženám byly zadány úlohy. V první úloze byly vyšetřovány zobrazovacími metodami při zadání opakovat slova a vytvářet k nim podle instrukcí pseudoslova. Ve druhé úloze ženy zatěžovaly paměť tím, že se učily dvojicím slov v sémantickém nebo fonologickém kontextu. Funkční zobrazovací metody prokázaly rozdílnou stavbu a činnost mozku gramotných a negramotných žen (Koukolík, 2013).

Podle nedávné představy by měla tvorba nových neuronů (neurogeneze) klesat s věkem a v dospělém věku již stagnovat. Zdali a jakým způsobem probíhá neurogeneze v dospělém věku, je předmětem diskuse, ve které někteří vědci uvažují

---

<sup>44</sup> Baddeley (1999); Nadel et al. (2000); Damasio (2000; 2004).

<sup>45</sup> Maguire et al. (2000); blíže Koukolík (2012); Spitzer (2014).

spíše o růstu již existujících neuronů v dospělém věku, zatímco jiní vědci se domnívají, že probíhá tvorba nových neuronů i v dospělosti.

Studie naznačují, že v souvislosti s učením, pamětí, stresem a cvičením se tvoří nové neurony v hipokampech savčího dospělého mozku (Sorrells et al., 2018).

Boldrini et al. (2018) řešili otázku celoživotní neurogeneze u dospělých lidí metodou *post mortem* vyšetřování lidských mozků, které shromáždili od dárců, zdravých lidí bez kognitivního deficitu od 14. do 79. let po jejich úmrtí, a aplikací matematického modelování neurogenního potenciálu. „Psychologickou pitvu“ uskutečnili na základě rozsáhlé databáze informací od rodinných příslušníků a přátel. Na základě výsledků studie vědci konstatovali, že mozky dospělých a starých lidí produkují tisíce nových neuronů. Starší lidské mozky mají ovšem nižší schopnost vytvářet mezi novými neurony nová spojení. Model stárnutí mozku ukazuje, že starší mozky mají zachovanou schopnost neurogeneze, ale mohou být méně schopné udržovat mezi nimi synaptickou plasticitu.

Procesy učení mění mozky dospělých lidí na strukturální a funkční úrovni. Klíčovou biologickou strukturou je hipokampus, jehož objem pravděpodobně roste v závislosti na obsahu a objem učení. Konektivita synaptické plasticity se dynamicky mění vlivem učení. Zdá se, že nejen v raném věku, ale také v dospělosti a ve stáří mohou vznikat nové neurony, jejichž aktivita je podkladem učení, přičemž funkce nových neuronů je u starších lidí omezená.

## **Emoce a učení**

Procesu učení se účastní řada mozkových struktur včetně těch, které jsou podkladem emocí (Myslivoček, 2003). Procesy učení zahrnují nejrůznější afektivní doprovodné reakce, jako jsou pocity slasti nebo úzkosti, doprovázené různými somatickými projevy, které nás na asociované projevy upozorňují prostřednictvím somatických markerů, což jsou signály pocitů, které se prostřednictvím učení pojí k určitému typu chování.<sup>46</sup>

---

<sup>46</sup> Somatické markery při rozhodování přiřazují všem alternativám určitou afektivní reakci. Tyto signály mají funkci automatického varování před negativními dopady určitého jednání. Takový

Spíše než na anatomické oblasti mozkových sítí provádějící specializované výpočetní operace je třeba pohlížet na kognitivní procesy učení jako na systém interakce mezi mozkem, geny a prostředím. Emoční kontext ovlivňuje kognitivní funkce, například stavy akční připravenosti, což zahrnuje celý organismus, učení probíhá na úrovni celého těla (Kiverstein & Miller, 2015).

Afektivní stavy ovlivňují zapamatování a vybavení poznatků a dovedností, rozsah a hloubku získávaných podnětů a motivaci (Mareš, 2013b).

Vysoká hladina stresových hormonů v krvi savčích mláďat má v dospělosti za následek zpomalení vývoje nových hipokampálních buněk. Deficit ve vývoji neuronů v hipokampech může mít následky zhoršené paměti a poruchy učení (Churchlandová, 2015). Jiné studie se savci ukazují, že některé typy stresu mohou generovat v hipokampech nové neurony (Sorrells et al., 2018). Učení a emoce sdílejí společný evoluční substrát, který je uložen v centrální nervové soustavě a je vázán na systém centrální odměny.

Systém centrální odměny, jakožto homeostatický systém rovnováhy organismu, je současně centrální systém učení, jehož anatomickým podkladem je limbický systém a motivace.<sup>47</sup> Odměnou je pocit slasti při nasycení elementárních potřeb nebo zvýšení biologické zdatnosti. Výsledky učení mohou být odměňovány nebo trestány (Koukolík, 2014a). Motivace je neodmyslitelnou složkou učení spojenou s předpovědí reakce systému centrální odměny založené na předchozí zkušenosti.

Rozlišování kognitivní složky učení od afektivních aspektů a emoční složky je možné pouze didakticky.<sup>48</sup> V současnosti poměrně bezpečně víme, že kognitivní a afektivní procesy (myšlení a emoce) od sebe nelze oddělit. Exekutivní kognitivní procesy závisí na pocitech a emocích, stejně jako na systémech paměti a pozornosti.<sup>49</sup>

Komenský (1646; 1946) se domníval, že všechno, co je příjemné v průběhu učení *„podporuje paměť, poněvadž duši polechtáváním podněcuje a podněcováním ji činí*

---

poplašný signál nás vede k výběru možností bezprostředně, a tím redukuje počet jejich počet (Bechara & Damasio, 2005; Damasio, 2000).

<sup>47</sup> Srov. Schéma učení podle Plamínek (2014).

<sup>48</sup> Podle Petera Jarvise kognice vyjadřuje myšlení či znalost oddělenou od emocí a psychomotoriky (In Hartl a Hartlová, 2010, s. 253).

<sup>49</sup> Bechara a Damasio (2005); Damasio (2000; 2004).

*pozornou.*“ Pocit příjemného stavu usnadňuje zapamatování i vybavování, zatímco pocit nepříjemného stavu zapamatování i vybavování zhoršuje (Mareš, 2013b).

Některé studie dokládají závislost na stavu/na náladě při kódování nových informací, která je častější u pozitivních stavů než u negativních (Ucros,1989).

Jiné výzkumy naznačují, že jak pozitivní, tak negativní emoční složky kódování mohou zvyšovat schopnost učení a zapamatování. Bradley a Baddeley (1990) zkoumali emocionální faktory ovlivňující zapomínání, přičemž zjistili, že nejsou žádné rozdíly ve vlivu na vybavování mezi příjemnými a nepříjemnými složkami učebního materiálu. Finn a Roediger (2011) poukázali na existenci pozitivního vlivu negativní emoční složky na rekonstrukci paměti a proces vybavování. Emoce a pocity se souběžně s dalšími informacemi kódují a ukládají v paměti, což zvyšuje efektivitu kódování a usnadňuje vybavování.

Pozorováním lze dojít k závěru, že negativní emoce představují kritickou složku pro intencionální učení. Na druhou stranu, negativní emoční zkušenost může být uložena v paměti a vybavena po celý život. Je zcela přirozené, že preferujeme učení v emočně komfortní zóně umožňující maximální koncentraci, to ale neznamená, že negativní emoční složky je třeba odmítnout.

Učení probíhá v interakci mozek-geny-prostředí na úrovni celého těla. Afektivita se významně podílí na procesech zpracování nových informací, tudíž nelze spolehlivě odlišovat mezi kognicí a afektivitou. Učení a emoce mají společný evoluční podklad vázaný na systém centrální odměny (limbický systém) a motivaci.

Učení představuje dynamickou interakce mezi geny, mozkiem a prostředím jako výsledek biologické a kulturní evoluce, to znamená, že je založeno na vrozených a získaných předpokladech, z čehož plyne, alespoň teoreticky, že lze rozlišovat mezi regulací ovlivněnou genetickou informací a regulací závislou na prostředí.

## Evoluční a kulturní podklad učení

Porozumění základním evolučním principům nám pomáhá lépe chápat pojmy jako adaptace, regulace, inteligence, motivace nebo vztah emocí a učení.<sup>50</sup>

V biologické evoluci se znaky předávají prostřednictvím přenosu genetické informace, zatímco v kulturní evoluci prostřednictvím učení. Teorie dvojí dědičnosti rozlišuje genetickou a kulturní informaci. V obou případech je podkladem přírodní výběr. Rozlišování mezi geny a prostředím čili mezi vrozeným a získaným (*nature vs. nurture*) se jeví jako užitečné pro účely konceptualizace teorie učení (Boon, 2015).

Z perspektivy koevoluce genů a kultury je schopnost učení výsledkem interakce vrozených dispozic a zpracování informací v sociokulturním prostředí. Pravděpodobně je to jazyk a řeč, co umožnilo kumulaci a akceleraci učení předáváním vědomostí z generace na generaci a rozvoj kultury.<sup>51</sup>

Podle Stevena Pinkera (2009, s. 465) učení není alternativou vrozeného, protože „*bez vrozeného mechanismu, který by učení vykonával, by k učení nemohlo vůbec dojít. (...) Některé z mechanismů učení se zdají být vytvořeny kvůli jazyku samotnému, ne kvůli kultuře a symbolickému chování obecně.*“<sup>52</sup>

Typickým příkladem výsledku evoluční a kulturní interakce je předpokládaná lepší paměť pro umístění předmětů v prostoru u žen než u mužů, což je vysvětlováno převažující aktivitou sbírání plodů u žen.<sup>53</sup>

Determinace rozvoje a utváření lidských vlastností je předmětem sporu, kde na jedné straně teoretici behaviorismu mají za to, že z dítěte lze vychovat téměř kohokoliv, na straně druhé vědci namítají, že vrozené předpoklady lze rozvíjet do určité, geneticky podmíněné míry. Příkladem jsou rysy struktury osobnosti nebo obecná inteligence.<sup>54</sup>

---

<sup>50</sup> Darwin (2007) byl přesvědčen, že přírodní výběr je hlavním, avšak ne jediným mechanismem a principem uzpůsobení druhů.

<sup>51</sup> Blíže k teorii koevoluce genů a kultury Koukolík (2013; 2016).

<sup>52</sup> Pinker (2009) vysvětluje jazykový instinkt jako výsledek interakce dědičnosti a prostředí.

<sup>53</sup> Prostředí evoluční adaptovanosti (*environment of evolutionary adaptedness*), srov. Barrett et al. (2007).

<sup>54</sup> Jinou možností může být představa, že do určitého věku adjustujeme své vědomí zevnímu světu a po určitém věku se snažíme přizpůsobit svět svému vědomí.



Prostřednictvím sociálního učení a napodobování dochází k preferenčnímu přenosu, což znamená, že si lidé osvojují některé kulturní varianty spíše než jiné. Richerson a Boyd (2012) soudí, že většina rozdílů v chování mezi skupinami je negenetického původu a pokládají rozlišování mezi geny a prostředím za falešnou dichotomii, neboť se vždy jedná o jejich zpětnovazební interakci. Základním principem kulturní evoluce je sociální dědivost.

Zdali je výsledné chování projevem kulturní nebo biologické evoluce se zjišťuje metodou izolačního pokusu založeného na izolování mláďat. U lidí jsou objektem studií izolovaná jednovaječná dvojčata (Flegr, 2009).<sup>55</sup>

Genetické faktory ovlivňující procesy učení jsou zcela zásadní.<sup>56</sup>

---

<sup>55</sup> Studie kombinují celou sadu nástrojů, jež zahrnují komparační analýzy jednovaječných a dvouvaječných dvojčat vychovávaných v odlišném prostředí, studie zaměřené na genom a epigenetické vlivy, přístupy tzv. kandidátních genů, analýzy genomů a počtů variant stejných genů (tzv. alel genů), genové exprese a behaviorální experimenty zajištěné genetickou kontrolou jednovaječných dvojčat. Výchozí základnou je fakt, že jednovaječná dvojčata sdílejí stejné geny a dvouvaječná dvojčata sdílejí polovinu genů. Studie jednovaječných dvojčat, jež jsou vychovávány od svého narození v odlišném sociokulturním prostředí, jsou považovány za spolehlivé pro verifikaci či falzifikaci testovaných hypotéz. Srov. Hatemi et al. (2009, 2012); Plomin a Daniels (2011).

<sup>56</sup> Dědivost (heritabilita) lze vypočítat jako podíl rozptylu fenotypu způsobený genetickými faktory a celkového rozptylu hodnot fenotypu. Heritabilita roste od cca 20 % v dětství do 80 % v pozdní dospělosti, u jednotlivých kognitivních schopností a schopnosti učení je u lidí kolem 0,3 a celkově okolo 0,6 a vyšší (Koukolík, 2018, s. 154, 368).

## Shrnutí

Učení je bazální fylogeneticky starý proces, jehož prostřednictvím dochází k biologické adaptaci na prostředí v rámci vrozených předpokladů. Učit se ze zkušenosti je evolučně výhodné pro organismus, jehož smyslem je reprodukční úspěch. Principem učení je fenotypová plasticita. Hledání podkladu uchování naučených obsahů v centrální nervové soustavě od dob pokusů Lashleyho značně pokročilo. Soudobý výzkum naznačuje existenci paměťových stop uchovaných v prostorově distribuované podobě. Učení je vysoce dynamický proces probíhající v anatomických strukturách mozku na úrovni limbického systému a mozkové kůry.

Podkladem učení je synaptická plasticita a dlouhodobá potenciace, jejichž neurochemický a elektrofyziologický mechanismus byl doložen.

Neuroplasticita je podkladem celoživotního učení, lidský mozek a jeho funkce se celoživotně rozvíjí. Nedávné studie ukázaly, že různé typy inteligence a schopnosti učení vrcholí v různém věku dospělého člověka, přičemž nelze jednoznačně identifikovat kritické vrcholy pro různé typy učení.

Jinak je tomu u schopnosti učení se cizímu jazyku. V dětství je učení novému jazyku kognitivně snadné, v dospělosti schopnost klesá.

Učení mění lidské mozky na strukturální a funkční úrovni. Výzkumy naznačují, že mohou vznikat nové neurony v dospělosti i ve stáří, přičemž u starších lidí je aktivita nových neuronů omezenější.

Procesy učení zahrnují společně s kognitivní složkou také afektivní složku. Emoční faktory se účastní kódování nových informací. Učení probíhá na úrovni celého těla jako komplexní proces interakce mezi mozkem, geny a prostředím.

## 4. TEORIE UČENÍ – PŘÍSTUPY - KONCEPTUALIZACE

Historická evidence teoretických koncepcí učení je založena od začátku minulého století. Shrnutí jejich vývoje, které zde předkládáme, není úplné a vyčerpávající. Není cílem této práce zachytit komplexní evidenci psychologických a kognitivních studií souvisejících s učením dospělých, nýbrž poskytnout rešerši významných milníků a pokroků výzkumu učení a nastínit jeho epistemický kontext.<sup>57</sup>

### **Strukturální, funkcionální a pragmatický přístup**

V pojetí strukturalismu nahlížíme na proces učení v relaci jeho částí a stavby kognitivního systému, který je podkladem učení.

**Strukturalismus** akcentuje význam celkového uspořádání systémů a vzájemných vztahů mezi jejich jednotlivými prvky. Zakladatelé strukturalismu Wilhelm Wundt (1832-1920) a Edward B. Titchener (1867-1927) ve snaze institucionalizovat psychologii jako přírodní vědu, usilovali o analýzu vjemů a jejich rozložení na jednotlivé stavební prvky, jako jsou vjemy, pocity a představy rozlišované v různých kvalitativních relacích. Na subjektech byly zkoumány závislé elementy vědomí prostřednictvím introspekce neboli sebenahlížením zevnitř. Subjektem byl „normální dospělý člověk“ (Titchener, 1898).

Metoda introspekce byla později kritizována pro její nespolehlivost a absenci možnosti replikace. Strukturalistické myšlení však přispělo k vývoji experimentální psychologie a výzkumu percepce a pozornosti. Z experimentální psychologie později vychází teoretické modely učení. Strukturální modelování konceptualizuje uspořádání a organizaci systémů, ve kterých procesy učení probíhají. V současnosti zahrnuje strukturalistický přístup teorii vědomí jako počítačového programu nebo výpočetní neuronální modely.

---

<sup>57</sup> V této kapitole vycházíme z literatury a odborných publikací: Linhart (1967; 1972), Plháková (2005; 2006), Hartl (1999), Hartl a Hartlová (2010; 2015), Vágnerová (2005; 2016), Chalupa (2007; 2010), Hoskovec et al. (2002), Eysenck a Keane (2008), Sternberg (2009).

Alternativou strukturalistického přístupu se stal na konci 19. století v USA **funkcionalismus**. Za zakladatele funkcionalismu je obvykle považován William James (1842-1910). Funkcionální přístup vyvinuli na Chicagské univerzitě John Dewey (1859-1952), James R. Angell (1869-1949) a Harvey A. Carr (1873-1954). Funkcionalismus se nezabývá obsahy a elementy jako strukturalismus, ale účelem a funkcí. Funkcionální přístup k učení hledá odpovědi na otázky: „jak“ a „proč“ se učíme tak, jak se učíme. Z tohoto pohledu není ani tak důležitá konstrukce systému, ale indikované vstupy a výstupy, analýza vztahů a procesů dokládající konkrétní funkci, jde hlavně o zaměření na funkční vztahy mezi stimulem a reakcí.

Funkcionalismus, podobně jako strukturalismus, nepředložil (a předložit ani nemohl) komplexní teorii učení, přispěl však k nejednotnému užívání různých metod zkoumání, stal se vlivným přístupem psychologického myšlení a hlavním směrem ve výzkumu učení.

Z funkcionalismu vychází **pragmatismus** zaměřený na užití zodpovězených otázek v praxi. Ikonou pragmatismu byl teoretik John Dewey, který zásadním způsobem ovlivnil progresivní a funkcionální přístup ve vzdělávání dospělých. Dewey (1947, s. 83) vysuzoval, že o hodnotě vědění rozhoduje především jeho užití v praxi: *„A všechno vědění na rozdíl od myšlení je hleděním nazad - má cenu tím, jakou pevnost, jistotu a plodnost poskytuje všelikému našemu jednání s budoucností.“*

Podle Deweyho vycházíme z praxe a opět ve vztahu k praxi jednáme.

V tomto smyslu jsou teorie učení validizovány samotnou praxí.

Dewey se zasloužil o pragmatické myšlení ve vzdělávání dospělých, jež předpokládá nezbytnost pochopení účelu učení, tedy jeho praktické využití. Poznamenejme, že v tomto smyslu má výzkum kognitivních procesů učení zásadní význam pro praxi učení dospělých s perspektivou optimalizace technologických aspektů vzdělávání a učení na základě empirických dokladů.

Přestože se již filozof John Locke (1632-1704) ve své době domníval, že studium učení je klíčem k pochopení lidské mysli, první soustavný vědecký výzkum učení byl započat až na konci 19. století.

## Teorie zapomínání, reminiscence a asocianistické principy

Hermann **Ebbinghaus** (1850-1909) v roce 1885 publikoval teorii zapomínání vystavěnou na experimentech zaměřených na sebeřízené učení bezesmyslných slabik (*sinnlose silbenreihen*). Hlavní zjištění studie o procesech učení a zapomínání spočívalo v tom, že opakování a čas věnovaný učení ovlivňuje zpomalení zapomínání.

Ebbinghaus pracoval s introspekci a zkoumáním procesů vlastní mysli a jako první začal kvantifikovat procesy zapomínání. Ebbinghausovi lze právem přičíst první empirické doložení jednoho ze základních principů učení, tedy že opakování může v paměti posilovat spoje jako mentální asociace a zvýšit pravděpodobnost vybavení. Teorie zapomínání byla postavena na jediném probandovi.

Na základě dalších studií byla teorie zapomínání široce přijata a doložena logaritmická funkce popisující proces zapomínání v čase, vyjádřená křivkou zapomínání.<sup>58</sup> V současnosti je Ebbinghausova křivka zapomínání stále didakticky široce užívaná. Hypotézy, které z teorie zapomínání plynou, lze však spolehlivě zobecnit pouze na typ učení Ebbinghausovým bezesmyslným slabikám, nikoli na učení smysluplného obsahu. Teorie zapomínání zásadním způsobem ovlivnila rozšíření výzkumu paměti.

Zcela jiné zjištění konstatoval Philip Boswood **Ballard** (1913) na základě výzkumu paměti při odlišném typu učení. Podle Ballarda se při učení sémantického obsahu textů poezie v čase neprojevuje pouze efekt zapomínání, ale také tendence k rozpomínání, zejména některých pasáží, a to v době, kdy by se dalo předpokládat, že básně již budou zcela nebo téměř zapomenuty.

Ballardův efekt reminiscence (*reminiscence*) vyjadřující zlepšení výkonu částečně naučeného obsahu, ke kterému dochází v době, kdy se subjekt učební obsah již neučí, byl společně s hypermnézií později výzkumy doložen jako opodstatněný.

Výzkum učení a paměti, který byl započat před sto lety, vycházel z funkcionálního hlediska a asocianistického teoretického východiska.

---

<sup>58</sup> Eysenck a Keane (2008, s. 210).

**Asocianismus** vychází z epistemologie filozofa Davida Huma (1711-1776), který měl za to, že všechna zvyková spojení se utvářejí na základě více či méně pravděpodobného účinku nastávajícího bezprostředně po příčině. Podle tohoto principu se učení uskutečňuje spojováním jednoduchých obsahů s jinými obsahy pomocí asociací, tedy spojováním myšlenek nebo událostí do znalostí podle jejich podobnosti, časové a prostorové souměznosti a příčinné souvislosti.

David Hume (1748; 1996) formuloval tři základní asocianistické principy.

*Kontiguita* neboli styčnost v čase a prostoru znamená, že se dva jevy uskutečnily současně. *Podobnost* jednoduše znamená, když jsou si dvě věci v něčem podobné. *Kontrast* určuje, které dvě věci budeme asociovat na základě jejich protikladnosti. Princip kontiguitu například pozorujeme, když se učíme významům nových slov. Řekneme-li slovo „myš“ a subjekt přitom pozoruje přístroj vedle klávesnice, naučí se prostřednictvím principu kontiguitu novému významu slova „myš“. Princip podobnosti již zřejmě existuje v našem pojmovém systému, příkladem jsou metafory a kategorie, které tvoříme, jestliže je pozorovaný objekt neznámý. Princip kontrastu asociuje protilehlé položky jako například bílá/černá.

Proti asocianistickým teoriím učení se slovům u dětí argumentují některé experimenty, ze kterých plyne nedostatečná statistická kovariance mezi slovem a vjemem pro naučení slova (Bloom, 2015).<sup>59</sup>

Předností asocianismu je úspornost principů. Spojování jednoduchých prvků pomocí asociací stojí v protikladu ke strukturální koncepci zkoumání učení na úrovni vztahů a jevů, které tvoří složité systémy souborů a celků. Hlavní teze asocianismu je založena na hypotéze, že opakování zlepšuje učební výkony.

Asocianistické myšlení stálo na počátku teoretických modelů učení.

---

<sup>59</sup> Bloom (2015) odmítá asocianistické teorie učení se slovům a razí tvrzení, že se děti učí významům slov prostřednictvím teorie mysli (*theory of mind*). Teorie mysli je schopnost rozlišovat mentální stavy druhých lidí od vlastních mentálních stavů a na jejich základě rozumět chování druhých lidí (Koukolík, 2016).

## Reflexní přístup, klasické podmiňování a zákony učení

Představitel fyziologického přístupu a zakladatel ruské reflexní školy I. M. Sečenov (1829-1905) nahradil pojem asociace termínem **reflexní oblouk** pro pohyb, který vzniká na základě sensorické stimulace přijetím podnětu receptorem a prostřednictvím činnosti centrální nervové soustavy aktivuje exokrinní žlázy nebo svalovou soustavu. Sečenov rozšířil slovník teorie učení o koncept vyšších mozkových center (excitace/inhibice).<sup>60</sup>

Na základě experimentů se savci objevil laureát Nobelovy ceny za fyziologii a medicínu I. P. Pavlov (1849-1936) asociativní princip učení známý jako **klasické podmiňování**. Pavlov zkoumal různé druhy reflexních odpovědí a zjistil, že neutrální podnět může být asociován s jiným podnětem vlivem opakování. Podle klasické teorie podmiňování (*classical conditioning*) způsobí nepodmíněný podnět, například fouknutí do oka, mrknutí okem, aniž by předcházelo učení. Podmíněným podnětem je například zvuk nějakého tónu. Jestliže předchází zvuk tónu před fouknutím do oka v průběhu opakovaného učení, objeví se mrknutí okem po pouhém zaznamenání zvuku tónu (Koukolík, 2012).

Je známo, že učení podmiňováním nemívá dlouhého trvání, a jestliže není posilováno opakováním, reflex „vyhasíná“.

Významného pokroku v teorii učení dosáhl Edward L. **Thorndike** (1874-1949), který studoval zákonitosti učení u zvířat, zejména koček, psů a kuřat, a později také u dospělých lidí. Thorndikeovy původní experimenty učení se týkaly koček, které se měly naučit vyřešit problém, jak uniknout z problémové skříňky (*puzzle box*). Thorndike dospěl k závěru, že se jeho kočkám podařilo dostat ven prostřednictvím pokusů a omylů a postupným posilováním úspěšné odezvy. Na základě pozorování eliminací nesprávných odpovědí považoval Thorndike učení za kvantitativní proces, který spočíval ve vytváření specifických spojů.

Thorndikeův výzkum byl často citován jako začátek analýzy učení řešením problému na principu pokusů a omylů. Ve skutečnosti Thorndikeova analýza nebyla

---

<sup>60</sup> Sovák (1985).

dostatečně uspokojivá, neboť nevyložila, jak dochází k odlišení nesprávného řešení od toho správného (Anderson, 1993).

Na základě experimentálního výzkumu operantního podmiňování Thorndike kodifikoval soubor zákonů učení (*Thorndike's laws of learning*), jehož nejznámějším je zákon efektu (*law of effect*), který předpovídá chování organismů. Podle tohoto zákona se budou častěji opakovat odpovědi, které jsou následovány příjemným prožitkem, a naopak se budou určité odpovědi na stimuly následované trestem opakovat méně. Tendence reagovat určitým způsobem ve spojení s odměnou nebo trestem (apetence-averze) zvyšuje pravděpodobnost reakce vedoucí k uspokojení a posiluje výhodné jednání tím, že tlumí reakce vedoucí k nelibosti.<sup>61</sup>

Mezi stěžejní Thorndikeovy zákony učení dále patří zákon cviku (*law of exercise*) vyjádřený hypotézou, že opakování a smysluplné spojování podporuje učení a zesiluje spoje ve smyslu konektivity mezi podnětem a reakcí. Cvičením spoje zesilují, zatímco absence procvičování vede k oslabování spojů. Zákon pohotovosti (*law of readiness*) říká, že pokud je organismus připraven k učení, je učení podporováno, jestliže připraven není, je učení inhibováno, což akcentuje systémy vnímání a pozornosti. Thorndike předpokládal, že sled reakcí se může spojovat do řetězce vedoucího k dosažení cíle a zablokováním řetězce reakcí dochází k averzi. Soubor zákonů učení zahrnuje další zákony, například zákon polaritity (*law of polarity*), zákon příslušnosti (*law of belongingness*), a další.<sup>62</sup>

Thorndikeova interpretace procesů učení spočívající ve vytváření spojů mezi podněty a reakcemi stojí na počátku funkcionálně-konekcionistických a behavioristických koncepcí.

Co se týká výzkumu učení dospělých lidí, Thorndikeovy původní studie uváděly, že vrcholem učení je věk okolo dvaceti až dvaceti čtyř let. Po tomto věku měl následovat mírný pokles schopnosti učení okolo jednoho procenta ročně. Experimenty se týkaly učení esperanta, psaní opačnou rukou nebo učení zkratek. Pozdější Thorndikeovy studie doložily, že je možné efektivně studovat různé oblasti

---

<sup>61</sup> Srov. pojetí učení Plamínek (2014).

<sup>62</sup> Přehled Linhart (1972); Hartl (1999); Hartl a Hartlová (2010; 2015).



až do věku padesáti let, přičemž existují odlišnosti v učení podle věku, například v rychlosti a předchozí zkušenosti. Thorndike vyvrátil teorii adolescenčního maxima tím, že prokázal dispoziční schopnost učení dospělých (Thorndike et al, 1928).

Výzkum učení dospělých později doložil schopnost celoživotního učení. Od 70. let minulého století se již institucionalizoval studijní obor zaměřený na edukaci lidí ve starším věku. Gerontodidaktická praxe, která vychází z kognitivní psychologie, didaktiky a psychodidaktiky, uvádí možnosti učení po celou životní dráhu člověka (Špatenková & Smékalová, 2015).

Současný výzkum poznávací předpojatosti týkající se věku učení zamítá.

Předpokládá se, že mírné deficity v učení, obvykle spojované s věkem, lze do určité míry kompenzovat změnou didaktického nastavení, specifickým uspořádáním a optimalizací procesů učení.<sup>63</sup>

## **Behavioristické schéma S-R, model S-O-R a gestaltismus**

Radikální behaviorismus, svého času vlivný psychologický směr zaměřený na experimentální výzkum a predikci chování, odmítal zkoumání mysli a snažil se vysvětlovat chování organismů na základě vztahů a interakce mezi stimulem a reakcí. Behavioristická teorie byla na svém počátku v roce 1920 podložena jediným experimentem, známým jako *Little Albert experiment*, který dramaticky ovlivnil paradigma a výzkum učení do poloviny 20. století.

Behaviorismus neklade nároky na poznání struktury systému, ale na zkoumání způsobu chování systému. Pro behavioristy jsou mentální procesy ponechány v „černé skříňce“, kterou označovali zapovězené místo pro výzkum.<sup>64</sup>

Zakladatel behaviorismu John Broadus Watson (1878-1958) stanovil, že předmětem zkoumání může být pouze pozorovatelné chování, nikoli vnitřní procesy jako mentální stavy, introspekce nebo vědomí.

---

<sup>63</sup> Thorndike et al., (1928); Špatenková a Smékalová (2015); Dvořáková a Šerák (2016).

<sup>64</sup> Černá skříňka (*black box*) metaforicky představuje dynamický systém lidské mysli, o kterém je známo pouze působení na systém (vstup) a zpětné působení systému na okolí (výstup). Pouze tyto určující veličiny jsou podle behavioristů postačující pro zkoumání zákonitostí učení.

**Behavioristické schéma S-R** (*Stimulus-Response; S-R concept*) vysvětluje chování pomocí řetězců fyzikálních podnětů a reakcí. Prostředí určuje učení na základě asocianistických principů a posílení.

Na základě paradigmatu starého více než dva tisíce let se behavioristé mylně domnívali, že chování je především naučené v postnatálním vývoji a uskutečňuje se pouze prostřednictvím formování osobnosti a sociálními vlivy prostředí.<sup>65</sup>

Empirické studie tuto představu zamítají. Genetický vliv je významný v průběhu celé dospělosti.<sup>66</sup>

Výrazným kritikem behaviorismu se stal již zmiňovaný Lashley, který zpochybňoval vysvětlování chování pouhým řetězením stimulů a reakcí. Lashley považoval za určující mechanismus komplexního chování lidský mozek a razil myšlenku, že učení je závislé na celkovém množství nepoškozené mozkové tkáně. Domníval se, že všechny mozkové oblasti přispívají k učení stejnou měrou. Podle Lashleyho jsou vzpomínky rozmístěné v celém mozku a různé části mozku mohou nahrazovat části poškozené (Sedláková in Hoskovec, 2002; Petru, 2007).<sup>67</sup>

Na behavioristickou teorii učení navázali další badatelé rozšířením modelu o předchozí zkušenost a motivaci. Podle nové myšlenky behaviorismu je reakce funkcí nejen bezprostřední situace, ale také předchozího učení. Modifikací behavioristického paradigmatu se stal **nebehaviorismus** a **operantní podmiňování**, zahrnující posilování nebo oslabování chování.

Edward C. Tolman (1889-1959) rozšířil metodologii behaviorismu o termín *intervenující proměnná*, modifikoval schéma na **model S-O-R** (*Stimulus-Organism-Response*), ve kterém reagování organismu neovlivňují pouze bezprostřední podněty, ale také intervenující proměnné, což jsou dispozice subjektu jako dědičnost, dřívější učení nebo aktuální fyziologický stav. Neobehaviorální model S-O-R tedy předpokládá reakce jako funkce situací a organismu.

---

<sup>65</sup> Platón a Aristoteles pojednali o duši jako o čisté voskové psací tabulce. Locke se domníval, že na svět přicházíme jako „nepopsaná tabulka“ (*tabula rasa*), do které se učním zapisuje obsah.

<sup>66</sup> Srov. Hatemi et al. (2009, 2012); Plomin a Daniels (2011).

<sup>67</sup> Hypotéza subsidiární funkce globálních mozkových oblastí byla později zamítnuta. V současnosti jsou známy funkční oblasti lidského mozku, jejichž poškození může být příčinou retrogradní amnézie a trvalé neschopnosti některého typu učení.

Tolman přispěl do teorie učení konceptem kognitivních map a latentního učení, tedy učení bez posilování rozlišením učení a samotného výkonu.<sup>68</sup>

Clark L. Hull (1884-1952) obohatil teorie učení o hypoteticko-deduktivní systém postulátů s důležitými proměnnými, mezi něž patří puzení (*drive*) čili motivační stav založený na potřebách, posílení, incentive (pobídky) a reakční potenciál. Hull navrhl koncepci učení pokusem a omylem instrumentálním podmiňováním a stanovil zákon o formování návyku.<sup>69</sup> Za výsledky učení Hull považoval podmíněné reflexy, instrumentální reakce a návyky (Plháková, 2006), zatímco za vznikem pojmového učení viděl proces generalizace na základě shody společných znaků různých objektů (Chalupa, 2010). V roce 1942 Hull předložil nové základy teorie učení (*Principles of behavior*) a jeho neobehaviorální model dominoval v americké psychologii do poloviny 20. století.

Na Hullovu práci navázali vědci John Dollard (1900-1980) a Neal E. Miller (1908-2002), kteří modifikovali model učení na základě podnětu jako pudové potřeby. Redefinovaný model předpokládá, že jakýkoli silný podnět, který vyvolává odezvu, může být považován za motivaci. Může jít o vnější podněty nebo primární pudy, na jejichž základě si jedinec učením osvojuje sekundární potřeby. Jinak řečeno vnější i vnitřní signály ovlivňují reakci. Učení se uskuteční, jestliže proběhne odezva a následné zpevnění, přičemž efektivita učení se odvíjí od míry vyvolání odezvy a vhodného zpevnění.

Burrhus Frederic Skinner (1904-1990) vysvětloval chování reaktivitou na prostředí. Podle Skinnera je třeba učením posilovat žádoucí jednání a zcela ignorovat jednání nežádoucí (Hartl & Hartlová, 2010). Chování rozlišoval na respondentní, vyvolané reakce jsou evokované podmíněným podnětem, a operantní, vysílané projevy mají kladné nebo záporné projevy. **Operantní podmiňování** je takové učení, které předpokládá změny aktů chování vlivem jejich důsledků. Rozdíl mezi klasickým a operantním podmiňováním

---

<sup>68</sup> Plháková (2006, s. 159-162); Vágnerová (2016, s. 140).

<sup>69</sup> Srov. Hovland (1952).

je především v míře aktivity učícího se subjektu. V případě operantního podmiňování jde o aktivní hledání efektivní varianty učení pokusem a omylem.<sup>70</sup>

Skinner navrhl tři druhy posílení: pozitivní, negativní a trestání a jako jeden z prvních upozornil na to, že stereotypní stimulace může vést k postupnému přesycení a následně k oslabování (vyhasínání) naučené reakce (Vágnerová, 2016).

Skinnerova práce se nezaměřovala na procesy učení, ale na techniky výuky a lingvistické teorie učení. Na základě výzkumů Skinner institucionalizoval v oblasti formálního vzdělávání programované vyučování (Hartl, 1999).

Teorie učení významu slov byla podle Skinnera založená na mnohostranně determinovaném procesu verbálního chování, což představovalo myšlenku, že se významy utváří vlivem faktorů motivace, percepce, minulé zkušenosti nebo posilování. Skinnerovu teorii osvojování jazyka na základě operantního podmiňování a teorie posilování kriticky zhodnotil lingvista a kognitivní vědec Noam Chomsky (\*1928). Podle Chomského (1957) existuje vrozený modul jazykového vývoje neboli univerzální gramatika. Jedná se tedy o strukturu mysli, nikoli o strukturu prostředí, jak se domníval Skinner (Sternberg, 2009). Pro existenci vrozené univerzální gramatiky bylo předloženo množství důkazů (Koukolík, 2012).

Základní metody výzkumu behaviorismu jsou pozorování, výkonové testy a experimenty zaměřené na behaviorální odpovědi. Zásadním nedostatkem behavioristického pojetí učení je opomíjení interních psychických operací a mentálních procesů. Kognitivní procesy učení byly vědeckému zájmu v dobách behaviorismu zcela zapovězeny.

Konstruktivní kritiku behaviorismu předkládá souběžně od 20. let 20. století berlínská škola experimentální psychologie, zaměřená na tvarovou psychologii neboli **gestaltismus** (*Gestalt*).<sup>71</sup>

Myšlenková škola gestaltistů razila názor, že některé psychologické jevy je třeba chápat jako integrované celky, které jsou narušovány, jestliže dochází k jejich

---

<sup>70</sup> Hartl (1999); Vágnerová (2005, s. 79); Plháčková (2006, s. 165).

<sup>71</sup> Kurt Koffka (1886-1941); Max Wertheimer (1880-1943); Wolfgang Köhler (1887-1967).

rozložení. Podle této myšlenky není celek pouhou sumou částí, ale holistickou strukturou. Strukturálně uspořádaný celek je vždy více než jen suma jeho částí.

Podle teoretiků gestaltismu učení nenastává pokusem a omylem ani podmiňováním, nýbrž vhladem (německy *ensicht*, anglicky *insight*), což je typické označení pro náhlé poznání, které je rozhodující při nalezení řešení problému.

Analýzu teorie procesu řešení problému vhladem však gestaltisté, podobně jako Thorndike, nenabídli (Anderson, 1993). Namísto toho přišli s hypotézou, že podmínkou učení je vhlad do vztahů mezi částmi celku s důrazem na porozumění učivu, nikoli pouhém mechanickém cvičení. Lidské jednání je motivované a vychází z interních potřeb, což má své zákonitosti a utvářející směr. Pochopení vztahů a porozumění učivu je gestaltisty považováno za klíčový faktor učení.

Od gestaltismu se zjevně odlišuje vývojový strukturalismus Jeana Piageta (1896-1980), který se zaměřil na význam mentálních operací a rozvoj kognitivních struktur (Piaget, 1966; Piaget & Inhelder, 1970). Podle Piagetovy koncepce nejsou kognitivní struktury přímo závislé na učení jako spíše na vyzrávání centrální nervové soustavy v průběhu vývojového období člověka.

## Shrnutí

Strukturalismus stojí za vznikem experimentálního zkoumání systémů a vztahů mezi jejich jednotlivými prvky. Strukturalistické modelování se orientuje na uspořádání systémů, ve kterých se učení uskutečňuje. Funkcionální přístup je naopak zaměřen na způsob, jakým učení v uspořádaných systémech probíhá. Pragmatismus hledá uplatnění teoretických modelů pro utilitární praktické užití. Arbitrem teorie učení je samotná praxe.

Asocianistické myšlení stojí za vznikem experimentálního zkoumání učení, které zahájil německý badatel H. Ebbinghaus výzkumem učení a zapomínání bezsmyslných slabik. Jiný přístup výzkumu učení a paměti zvolil P. B. Ballard, podle kterého pro učení sémantického obsahu neplatí pouze Ebbinghausova teorie zapomínání, ale efekt pro rozpomínání známý jako reminiscence. Výzkum učení byl ovlivněn ruskou reflexní školou, dominantní teorií učení bylo klasické podmiňování.

Na základě experimentálního výzkumu se zvířaty E. L. Thorndike formuloval zákonitosti učení, zejména zákon efektu. Thorndikeho pozdější výzkum učení dospělých prokázal dispoziční schopnost učení v dospělém věku a vyvrátil myšlenku adolescentního maxima.

Behavioristický přístup se orientoval na vztahy mezi stimulem a reakcí. Pozdější rozšíření základního S-R schématu o intervenující proměnné vedlo k modifikacím behaviorálních teorií a zavedení modelu operantního podmiňování.

S kritikou behavioristického přístupu přišla německá škola gestaltismu. Gestaltisté nahradili podmiňování a principy S-R myšlenkou, podle které je ústředním principem učení pochopení vztahů v rámci strukturálního uspořádání celku, který je vždy více než pouhou sumou jeho částí.

Behaviorismus byl převažujícím směrem v psychologii přibližně do poloviny minulého století. Záměrná absence výzkumu mentálních procesů, struktury mysli a vysvětlování principů učení na základě řetězení stimulů a reakcí bylo předmětem kritiky, která stojí za vznikem nového paradigmatu ve výzkumu učení.

## 5. Paradigma procesů zpracování informací

Psychologický výzkum učení, který předcházel období známé jako „kognitivní revoluce“, většinou opomíjel poznávací struktury či procesy učení a soustředil se na motivaci k učení a výsledné projevy chování. Zkoumání reakcí na periferní stimuly a motivace k učení se po dlouhou dobu zdálo být pro didaktické účely postačující. Procesní architekturu učení však nevysvětlovalo.

Základní epistemologické otázky zabývající se tím, jak můžeme poznávat svět mimo sebe, a jak může naše mysl uchovávat znalosti o tomto světě, se staly předmětem dominantního výzkumu až od poloviny 20. století. V současnosti máme již k dispozici teoretické představy o tom, jak znalosti ukládáme, a jak tyto znalosti mohou být organizovány pro efektivní přístup.<sup>72</sup>

Kognitivismus jako nový myšlenkový směr uznal existenci vnitřních stavů mysli, které lze empiricky zkoumat, a na rozdíl od behavioristického přístupu se kognitivně orientovaný výzkum zaměřil na konkrétní procesy učení.<sup>73</sup>

Podle Hartla (1999) je zaměření na jedince a jeho duševní pochody charakteristické pro všechny kognitivně orientované teorie učení zahrnující informační procesy. Kognitivistický přístup ve své době představoval revoluční epochu spočívající v zahájení výzkumu struktury a procesů lidské mysli.

### Druhá polovina 20. století: kognitivní paradigma

Historickým mezníkem vzniku nového interdisciplinárního vědeckého přístupu je některými představiteli této epochy považován rok 1956, kdy se na mezioborové konferenci v Dartmouth College měla zrodit

---

<sup>72</sup> Srov. Simon (1980); Lockhart a Craik (1990); Baddeley (1999); Gelbard-Sagiv (2008); Brown, Roediger a McDaniel, (2017).

<sup>73</sup> Kognitivismus (*cognitivism*) je psychologický přístup, podle něž studium myšlení lidí povede k hlubšímu vhledu do mnoha druhů lidského chování (Sternberg, 2009).

**kognitivní věda** (*cognitive science*).<sup>74</sup> Bruner (1965) a Miller (2003) datují vznik kognitivní vědy 11. září 1956 právě na základě konání uvedeného interdisciplinárního sympozia.<sup>75</sup>

Noam Chomsky tehdy přišel s teorií jazyka, Newell a Simon představili počítačový program pro řešení strukturovaných problémů<sup>76</sup>, George A. Miller navrhl teorii limitů krátkodobé lidské paměti a zavedl termín „*chunks*“<sup>77</sup>. Další badatelé, jako například Marvin L. Minsky a John McCarthy, přispěli k etablování nového vědeckého paradigmatu založeného na procesech zpracování informací. Jiní vědci se pokusili vysvětlit procesy tvorby pojmů z kognitivní perspektivy (Bruner et al., 1956). Ve stejném roce 1956 byla také publikována profesorem Bloomem a jeho kolegy teorie vzdělávacích cílů a taxonomie učení ve vztahu ke kognitivním úrovním myšlenkových procesů (*Bloom's taxonomy*).

Někteří badatelé považují rok 1956 za rok zrození kognitivní vědy a současně vznik oboru kognitivní psychologie (Eysenck & Keane, 2008).

Přibližně ve stejné době se objevila lékařská studie o pacientovi H. M., která odhalila mozkové struktury pro nově uložené informace (Scoville & Milner, 1957).

Za důležitý okamžik v historii kognitivní vědy a výzkumu učení zvláště lze považovat září roku 1959. Ve *Woods Hole* ve státě Massachusetts se s cílem zlepšit vzdělávání v USA shromáždilo na mezioborové konferenci o kognitivních aspektech učení třicet pět vědců přírodních a společenských oborů, zejména matematiky, psychologie, pedagogiky, biologie, historie a lékařství. Konferenci předsedal teoretik konstruktivismu Jerome Bruner (1915-2016), který se podílel na vývoji technologie vzdělávání a projektování vzdělávacích programů (Bruner, 1965).

---

<sup>74</sup> *Merriam-Webster dictionary* (2018) definuje kognitivní vědu jako interdisciplinární obor čerpající z mnoha oblastí jako psychologie, umělá inteligence, lingvistika a filozofie, a která rozvíjí teorie vnímání, myšlení a učení lidí.

<sup>75</sup> Někteří badatelé datují počátek kognitivní vědy do dřívějších let, ve kterých se již uskutečňovaly konference (např. Hixonské sympozium v roce 1948) zabývající se vztahem mozku a chování nebo srovnáváním mysli s počítačem (srov. Petřů, 2007).

<sup>76</sup> *General problem solver* znamenal revoluční program, který byl schopen provádět složité logické dokazování, řešit matematické úlohy a soutěžit v myšlenkových hrách.

<sup>77</sup> Miller navrhl termín „*chunks*“ pro smysluplné jednotky složené z více prvků, které zvyšují relativní kapacitu krátkodobé paměti. Retenci jednotek v krátkodobé paměti vymezuje tzv. Millerovo magické číslo  $7 \pm 2$ .



Zájem o zkoumání procesů zpracování informací byl skutečnou renesancí. Bruner již v roce 1956 považoval dění mezi podnětem a reakcí za mnohem komplexnější, a přestože termín „zpracování informací“ ještě v roce 1956 nepoužil (Švancara, 1994), nové paradigma již bylo široce diskutováno a pokládáno za perspektivní způsob, jak se pokusit odhalit kognitivní procesy učení.

V roce 1960 byla kognitivní věda institucionalizována založením Harvardského centra pro kognitivní studia (*Harvard Center for Cognitive Studies*). Kognitivní paradigma se projevilo v řadě oborů jako psychologie, lingvistika, neurověda a umělá inteligence. Spíše než o kognitivní vědě je přesnější hovořit o kognitivních vědách. Podstatnou vlastností kognitivní vědy je značná diverzifikace výzkumu a snahy o propojování teoretických znalostí na úrovni mezioborových projektů. Kognitivní věda je jako *opus musivum* složená z různých částí tvořících celek, jehož obsah je značně multidimenzionální.

V počátcích vývoje kognitivní vědy se matematicky orientovaný psycholog William K. Estes (1919-2011) soustředil na výzkum učení a paměťové procesy. Publikoval statistickou analýzu procesů lidského učení, která vycházela z rozsáhlého experimentálního výzkumu zaměřeného na pravděpodobnost výskytu asociovaných odpovědí, efektů diskriminačního učení a generalizace (Healy et al., 2012).

V roce 1968 publikují Atkinson a Shiffrin studii o teorii víceúrovňové paměti, v roce 1974 rozpracovali Baddeley a Hitch vlivnou teorii pracovní paměti a o tři roky později již vychází vlivný časopis *Cognitive Science*. Od 80. let minulého století je publikován kognitivní výzkum v periodiku *Cognitive Development*. V roce 1985 byla na konferenci v Nijmegen založena *European Society for Cognitive Psychology*.

V uvedeném období kognitivní přístup systematicky rozšiřoval teorie učení o procesy probíhající v předpokládaných poznávacích systémech a zcela zpochybnil představu, že učení se uskutečňuje pouze v relaci S-R nebo S-O-R. Přesah kognitivně-vědních disciplín do oborů zabývajících se vzděláváním a učením dospělých je značný. Vznikají slibné vědní disciplíny na rozhraní vzdělávání a neurovědy.<sup>78</sup>

---

<sup>78</sup> Australští vědci Morris a Sah (2016) publikovali studii zabývající se vztahem edukace, kognitivní psychologie a neurovědy učení (*neuroscience of learning*).

## Lidská mysl jako počítač

Kognitivní vědci směřují pozornost na lidské poznávání, principy interakce inteligentních entit v prostředí, vývoj umělé inteligence a počítačové systémy. Kognitivní věda se zabývá adaptivním učením, řešením problémů a inteligentními systémy, které se vyznačují schopností dosahovat optimálních řešení (Simon, 1980).<sup>79</sup>

Výzkum orientovaný na kognitivní systémy je od počátku inspirován analogií počítače a lidské mysli jako dvou systémů s informačně procesuálními funkcemi. Kognitivní vědci našli inspiraci v konceptu počítače Alana Turinga (1912-1954), který řešil operace zpracováním informací. Lidská mysl je popisována jako software s programy, který informace zpracovává. Počítač i mozek pracují se symboly i čísly, lze tedy podle kognitivních vědců na mozek nahlížet jako na vysoce funkční počítač. Analogie mozku a počítače je spatřována také v tom, že v mozku i počítači je uchováno velké množství dat, ale přitom v daném okamžiku je v obou případech aktivní pouze jejich nepatrná část.

Byly doloženy plausibilní analogie mezi informačními procesy probíhajícími v počítačích a kognitivními procesy v lidském mozku (srov. Simon, 1980) a doposud je kognitivní psychologie obecně akceptuje, alespoň metaforicky a procesuálně pro konstrukční teoretická východiska.

Doslovné srovnání mozku s počítačem by zcela jistě znamenalo vytváření nerealistických představ, neboť se ukázalo, že metafora lidské mysli jako počítače plně neodpovídá. Rozdíly se projevily zejména při komputačním modelování programů (Plháková, 1999). Počítače více využívají algoritmické operace než heuristické postupy, zatímco u člověka je tomu naopak (Kahneman, 2012).

Teorie vědomí jako teorie počítačového programu chápe *hardware* a *software* lidské mysli jako dva různé systémy, podobně jako je tomu u počítače. S ohledem na současné poznatky o lidském mozku lze konstatovat, že tato teorie neplatí,

---

<sup>79</sup> V současnosti se již neučí pouze biologický subjekt, ale učí se stroje (*machine learning*) a umělá inteligence (*deep learning*). Digitalizace, automatizace a robotizace jsou aktuální společenská témata (přehled Brynjolfsson & McAfee, 2015).

protože lidský mozek hardware a software nerozlišuje.<sup>80</sup> Metaforicky bližší přirovnání je výpočetní neuronální teorie, která popisuje strukturu lidské mysli jako neuronální síť měnící se prostřednictvím své vlastní funkce synaptické plasticity.

Metafora počítače souvisí s principiální otázkou, zdali je naše kognitivní architektura obdařena systémem pro obecné účely, nebo spíše obsahuje doménově specifické moduly. V případě doménově obecného přístupu jsou kognitivní procesy definované obecnými pojmy a principy pro širokou škálu kognitivních funkcí. V případě doménově specifického přístupu probíhají procesy ve specifických (odlišných) doménách.<sup>81</sup>

Diskuze na toto téma probíhá již několik desetiletí a její účastníci se opírají především o teorie vývoje jazyka a řeči. Jedna vyhraněná skupina vědců má za to, že vývoj jazyka a řeči jsou čistě výsledkem učení a kulturního prostředí. Jiná skupina vědců razí názor, že vývoj jazyka a řeči je výslednicí stavby a funkce konektomů.<sup>82</sup>

Podle principu modularity mysli (*modularity of mind*) jsou některé kognitivní procesy v geneticky predisponovaných utilitárních modulech, které zpracovávají informace víceméně izolovaně od ostatních systémů, přičemž některé moduly zpracovávají různé druhy vstupních informací bez volní kontroly. Kognitivní modularita má evolučně determinovaný substrát pro specifické druhy učení, například pro rozlišování tváří. Při učení vybírá organismus podmnožinu informací přicházejících z prostředí, v rámci nichž je začne ukládat a reprezentovat na základě racionálního procesu interakce s prostředím (Fodor, 1983).

Algoritmy produkující správné odpovědi jsou zvýhodňovány přírodním výběrem oproti pomalým obecným mechanismům učení. Výsledkem je učení schopný systém, jehož struktura je tvořena řadou nástrojů pro konkrétní účely a řešení specifických problémů. V tomto pojetí je lidská mysl konfederací velkého

---

<sup>80</sup> Přehled Koukolík (2012; 2013; 2016).

<sup>81</sup> Přehled Barrett et al. (2007); Pinker (2009); Sternberg (2009).

<sup>82</sup> Konektomy jsou paralelně distribuované sítě velkého rozsahu, jejichž činnost je geneticky kódovaná čili individuální a vysoce plastická.

množství počítačů s jasnou funkcí. Klasickým příkladem koncepce modularity je univerzální gramatika ve vztahu k povaze jazyka nebo percepční procesy.<sup>83</sup>

Bloom (2015) se domnívá, že naše představa o tom, jak se učíme, je z hlediska soudobých poznatků molekulární biologie zastaralá a měla by být z kognitivních věd vyloučena. Na modularitě kognitivních systémů zpracovávajících informace se shoduje velká část kognitivních vědců (Eysenck & Keane, 2008).

Modulární model mysli je kritizován pro neschopnost flexibility, podobně jako v případě asociativního učení umožňujícího vyhmátnout kauzality v prostředí. Neurovědecké obory a srovnávací psychologie model masivní modularity zpochybnila doložením evidence doménově obecných systémů u zvířat i u lidí.<sup>84</sup>

Teorie modularity staví na předpokladu, že existuje izomorfní vztah mezi funkčními systémy mozku a organizací mysli. Izomorfismus představuje neuropsychologickou hypotézu o smysluplném vztahu mezi organizací mysli a mozku a totožné formální struktuře. Hypotéza izomorfismu má za to, že jednotlivé kognitivní procesy probíhají v lokalizovatelné části mozku, zatímco podle konekcionistického modelu jsou procesy v mozku široce distribuovány.

## **Konekcionistický model učení**

Konekcionismus (*connectionism*) je přístup kognitivní vědy, který modeluje poznávací procesy učení a paměti na paralelním zpracování informací pomocí neuronových sítí vystavených procvičování.<sup>85</sup>

Konekcionisté uvedli metaforu spojů nervových buněk v lidském mozku do počítačového modelování lidské mysli, která je výslednicí paralelně aktivovaného systému sítí. Na tomto principu byla jako první založena Hopfieldova síť z roku 1982, představující konfiguraci vazeb systému, která v interakci s prostředím dospívá na základě zadaných výstupů k požadovaným výsledkům.

---

<sup>83</sup> Chomsky (1957); Fodor (1983), Pinker (2008; 2009).

<sup>84</sup> Zobrazovací metody i neuropsychologické výzkumy doložily existenci doménově obecných mechanismů učení (Koukolík, 2013). Blíže Cosmides a Tooby (1992; 2000 in Barrett et al., 2007, s. 355-366); Koukolík (2012, s. 69, s. 170; 2014a, s. 41-46; 2016, s. 11).

<sup>85</sup> Pojem konekcionismus zavedl Edward Thorndike, avšak za průkopníka tohoto přístupu je považován Donald Hebb.

Teoretickou představu, že podkladem učení není neuronální geneze čili kvantitativní růst neuronových populací, ale změna sil mezi neurony, jako první předložil v roce 1894 španělský lékař Santiago Ramón y Cajal (1852-1934).

Cajalovu představu se nejdříve pokusil teoreticky dokázat kanadský neurofyziolog **Donald Hebb** (1904-1985), podle něhož je pojmenován neuropsychologický model učení (*Hebbian learning*), který vysvětluje učení jako druh specifické změny v účinnosti přenosu informace na synaptické úrovni. Teorie Hebbovského učení se opírá o aktivitu synapsí, která aktivuje neurony prostřednictvím signálů podle konkrétního vzorce, přičemž závisí na přicházející presynaptické činnosti a postsynaptické aktivitě přijímajícího neuronu.<sup>86</sup>

Hebb (1949 in Crick, 1997, s. 186) vyjádřil model učení hypotézou:

*“Jestliže je axon neuronu A natolik blízko neuronu B, aby jej excitoval, přičemž se opakovaně a vytrvale podílí na vysílání jeho impulzů, dojde k nějakému růstu či změně látkové výměny v jednom nebo obou neuronech. Důsledkem je, že výkonnost neuronu A coby jednoho z neuronů, které mají podíl na vydávání vzruchů neuronu B, vzroste.”*

Jinak řečeno: Užívané synapse posilují vlastní činnost a jejich aktivita sílí. Málo užívané synapse svou činnost inhibují, klesá jejich výkon a mohou zaniknout. Podle této hypotézy se neuronová konektivita celoživotně proměňuje, a to úměrně proměnám vnitřního a vnějšího prostředí organismu. Evolučně a biologicky viděno se jedná o vysoce adaptivní mechanismus.<sup>87</sup> Hebbův model definuje univerzální pravidlo, které je fyziologickým podkladem teorie celoživotního učení.

Hebbova teorie je již sedmdesát let hluboce zakořeněná ve vědeckém světě a doposud nebyla nikým rozporována. V nedávné době se objevily odlišné představy o učení na molekulární a buněčné úrovni. Skupina izraelských vědců publikovala studii *in-vitro*, která zamítá konvenční hypotézu, že učení probíhá pouze na úrovni synapsí (Sardi et al., 2018). Nový scénář učebního procesu naznačuje, že učení může probíhat na úrovni dendritů v těsnější blízkosti neuronu. Oproti předchozímu pojetí Hebbovského učení jsou dendrity stěžejními “identifikátory” a “zpracovateli”

---

<sup>86</sup> Crick (1997); Cumminsová (2006).

<sup>87</sup> Srov. Koukolík (2008; 2013; 2014a).

informace. Nová hypotéza má za to, že pro neuron je mnohem výhodnější odhadovat příchozí signály v blízkosti své výpočetní jednotky. Metaforicky řečeno je lepší měřit kvalitu vzduchu, který dýcháme, v blízkosti nosu pomocí jednoho či několika senzorů, než prostřednictvím mnoha drobných a vzdálených satelitních senzorů.

Podobnost konekcionistických modelů s neurobiologickým kognitivním systémem je značně diskutabilní. Výpočetní kapacita mozku je dána výpočetní kapacitou neuronů. Neurony a jejich synaptická propojení tvoří konektomy, jejichž aktivitu lze zjednodušeně přiblížit prostřednictvím modelu 1 mm<sup>3</sup> mozkové kůry pokusné myši: 92 tisíc neuronů, 4,1 kilometrů axonálních (osových) vláken, 456 dendritů (výběžky neuronů) a 720 milionů synapsí (Koukolík, 2018, s. 48-49).

Předpokládá se, že paměť není uložena na úrovni jednotlivých neuronů, ale v jejich synaptické aktivitě. Vzpomínky jsou v konekcionistickém modelu alokovány v komplexní síti asociací s neuronální strukturou.

Odhaduje se, že neuron může mít 5 až 10 tisíc spojení. Petru (2007) uvádí odhad počtu synapsí na jeden neuron 3 tisíce. Je-li současně každé spojení schopné deseti možných zatížení při odhadovaném počtu uspořádaného synaptického spojení 10<sup>14</sup>, může se celkový stav sítě nacházet v 10<sup>1014</sup> jednotlivých stavech.

Masivní propojení vyjadřují hodnoty v lidském neokortexu v počtu synapsí okolo 0.15 x 10<sup>15</sup> neboli 1.5 x 10<sup>14</sup> (0,15 kvadriliónů) a počtu neuronů 2 x 10<sup>10</sup> (Pakkenberg et al., 2003).

Byly publikovány odhady výpočetní kapacity mozku pro paměť, jejíž hodnoty uchovaných informací mohou dosahovat 10<sup>8435</sup> bitů (Foer, 2012). Pro srovnání je v pozorovatelném vesmíru odhadováno 10<sup>78</sup> elementárních částic. Lidský mozek je z tohoto pohledu považován za nejsložitější systém ve známém vesmíru a jeho výpočetní kapacita je podkladem konekcionistického modelování lidské mysli.

Američtí psychologové James McClelland (\*1948) a David Rumelhart (1942-2011) před čtvrtstoletím publikovali vlivnou teorii, která vysvětluje inteligentní systémy z hlediska paralelně distribuovaného zpracovávání informací (*Parallel Distributed Processing; PDP*), uskutečňující se v mnoha uzlech sítě souběžně a rozloženě (McClelland & Rogers, 2014). Uzly propojené spoji vytvářejí husté

konekcionistické sítě, podle kterých nesou název konekcionistické modely (Sternberg, 2009). Teorie *PDP* se stala alternativním přístupem pro pochopení poznání založeným na modelech paralelně uspořádaných neuronových sítí, které na rozdíl od sériového zpracování informace mají mnohem rychlejší zpracování informací, flexibilní průběh a odolnost či toleranci k chybám.<sup>88</sup>

Konekcionistický model předpokládá, že znalosti jsou distribuovány v systému paralelně a poznatek je vždy začleněn do konkrétních síťových spojů. Systém se učí na základě změn síly spojů, takže výstupy mohou být lepší než vstupy.

Teorie dále operuje s existencí tzv. skrytých jednotek mezi vstupními a výstupními jednotkami, což mohou být například relativně stálé rozměry struktury osobnosti (Plháková, 2005). Pojmy jsou reprezentované propojenými uzly sítě a tvoří s dalšími asociacemi k jiným pojmům tzv. sémantické sítě. Učení pak znamená vytvoření nových sítí a uzlů, přidáním nového pojmu nebo vazby do sítě, případně změnu hodnoty váhy spoje mezi pojmy (například na principu podobnosti).<sup>89</sup>

Učící se neuronovou sítí je myšlen počítačový model skládající se z propojených jednotek, které vysílají vzájemné signály, zapínají se a vypínají, a to v závislosti na úrovni signálů na vstupu. Analogicky jako spojení mezi neurony mozkiem, které se upevňují nebo oslabují během učení (Pinker, 2008).

V konekcionistickém modelu zpětného vyhledávání v paměti sítě pozvolně vyhasínají, poskytují přibližné odhady znalostí a mohou poskytovat částečnou paměťovou stopu (Baddeley, 1999).

Někteří badatelé nepovažují model za věcně relevantní a přiklání se k názoru, že pojmy vždy nemají asociační strukturu, přičemž existuje rozdíl mezi konkréty a abstrakty, které mají méně asociací. Podle Chalupy (2015a; 2015b) není uložení slov v paměti nahodilé, ale je podřízeno určitým pravidlům. Prostřednictvím metody mentální chronometrie se zjišťuje časová dotace pro uvědomění prezentovaných položek. Užitím metody bylo zjištěno, že písmena ve větší slovní

---

<sup>88</sup> Podle vlivného kognitivního vědce Rogera Schanka (\*1927) je paralelní uspořádání pouze o rychlosti (Brockman, 2008).

<sup>89</sup> Anderson a Bower (1974); Anderson (1983).

zásobě jsou poznávána rychleji než v menší slovní zásobě, což je vysvětlováno mírou aktivace mentálního slovníku.

Mentální slovník je osvojenou slovní základnou pro mentální operace a umožňuje vybavování slov ve zlomcích sekund. Vnitřní organizace slovního materiálu je zasířovaná v několika kontextech, nicméně v jiném smyslu než koncepce asociačních sémantických sítí. Podle modelu mentálního slovníku jsou jednotlivé hlásky významnější než slova jako sémantické celky. Konkrétně jsou poznávána v krátkém čase s velkou slovní zásobou, zatímco u abstrakt je tomu opačně, což je vysvětlováno kognitivní obtížností při zpracování.<sup>90</sup>

Námítky proti konekcionistickému přístupu upozorňují na některé další problémy, zejména na teorie mysli (*theory of mind*) nebo základní učení se slovům, které nejsou podle některých vědců založeny na konekcionistických „učících se“ algoritmech (Pinker, 2008; Bloom, 2015).

Kritickým argumentem je především biologická podstata neuronových sítí, která zahrnuje genetické a epigenetické kódování.

Předmětem soudobého výzkumu mechanismů učení je mezibuněčná signalizace informace prostřednictvím oscilace koncentrace vnitrobuněčného vápníku. Podkladem oscilace nejsou akční potenciály. Zpracování symbolických informací na jednoduché sekvence impulsů ve smyslu jedniček a nul („vše nebo nic“) se nejeví s ohledem na současné neurofyziologické poznání jako přiléhavé srovnání.

Přestože je konekcionistický model učení kontroverzní pro analogii se zpracováním informací v nervové soustavě, představuje tento vlivný přístup užitečné nástroje pro konceptualizaci nových modelů učení (Baddeley, 1999).<sup>91</sup>

Výzkum konekcionismu vedl k úspěšnému vývoji systémů strojového učení na základě neuronových sítí. Umělá neuronová síť je v tomto metaforickém významu počítačový model, inspirovaný stavbou a funkcí mozku a strukturálně uspořádaný

---

<sup>90</sup> Přehled Chalupa (2007; 2009; 2010).

<sup>91</sup> Některé modely konekcionistického učení: BackProp (*backward propagation of errors*) – pravidlem učení v síti je zpětné šíření chyb; NETtalk (*artificial neural network*) – historicky první neuronová síť, kde vstupní informací je anglický text a výstupem mluvená angličtina; SERR (*SEarch via Recursive Rejection*) je konekcionistický model založený na přiklonění pozornosti pomocí rekurzivního zamítnutí. Procesy percepčního seskupování a hledání probíhají paralelně. Přehled např. Petru (2007).



z jednotek (neuronů), které si vzájemně vyměňují signály a ovlivňují funkci vstupních a výstupních signálů. Konekcionistické počítačnické modelování přineslo zcela novou perspektivu pro extrapolaci procesů učení a paměti.

V této práci dále vycházíme především z experimentálního výzkumu kognitivní psychologie zaměřeného na procesy učení, který poskytuje užitečná data pro aplikaci do teorie a praxe vzdělávání a učení dospělých.

## Kognitivně-psychologický přístup

Kognitivní psychologie se od svého počátku soustředí na výzkum učení. Teoretické koncepce, které vykládají jevy a procesy související s učením, a především s učením dospělých, generuje experimentální výzkum kognitivní psychologie. Na institucionalizaci tohoto dynamického oboru se v 70. letech minulého století zasloužil zejména Ulric Neisser (1928-2012), který aplikoval na učení analogicky procesuální jazyk počítačové vědy.<sup>92</sup> Podle Neissera je kognitivní psychologie definována studiem toho, jak se lidé učí, jak strukturují, uchovávají a využívají vědomosti (Sternberg, 2009).

V teorii učení se nově objevily pojmy jako kódování, přenos informace nebo sériové a paralelní uspořádání procesů zpracování informací. Pro **kognitivně-psychologický přístup** jsou klíčové procesy, kterými transformujeme, redukuje, elaborujeme, uchováváme, obnovujeme a užíváme vstupy z vnějšího prostředí (Neisser, 2014).

Aplikace teorie informace umožnila metaforicky přirovnat mysl k počítači a soubory operací k procesům zpracování informací. Kognitivní psychologové v metafoře počítače našli způsob, jak lépe uchopit operacionalizaci a experimentální ověřování hypotéz týkajících se lidské mysli.

Kognitivní psychologie vychází a čerpá z gestaltismu, kognitivní neurovědy, lingvistiky a počítačnického modelování. Ústřední premisí jsou mentální procesy jako původce lidského chování. Za průkopníky kognitivně-psychologického přístupu

---

<sup>92</sup> Průkopníkem informačního přístupu v psychologii kognice a vnímání byl rovněž Donald E. Broadbent (1926-1993).

k učení můžeme považovat již zmíněného Karla Lashleyho a Donalda O. Hebba. Oba vědci se zabývali změnami struktury neuronálních spojení v důsledku učení.

Kognitivní psychologie přijala informační paradigma za nejlepší východisko pro studium lidského poznávání s cílem popsat a měřit procesy učení v kognitivních úlohách (Eysenck & Keane, 2008).

V diplomové práci jsme se zaměřili na porozumění kognitivním procesům učení. Z tohoto důvodu se dále zaměřujeme primárně na experimentální studie kognitivně-psychologického výzkumu učení a jejich analýzy.

## **Metodologie kognitivní psychologie**

Výzkum kognitivních procesů se liší podle badatelova zaměření a užívaných metod výzkumu. Profilace základních přístupů zahrnuje experimentální kognitivní psychologii, kognitivní vědu spojenou s počítačným modelováním, kognitivní neuropsychologii a kognitivní neurovědu.

Kognitivní neuropsychologie užívá zobrazovací technologie a metody, které umožňují sledovat jednotlivé oblasti mozku učících se lidí v několika rozměrech. Klinické studie zkoumající poznávací procesy u pacientů s postižením funkčních systémů mozku mohou napovědět mnohé okolnosti o kognici zdravých lidí. Pomyslná hranice mezi kognitivní psychologií a kognitivní neurovědou je neostrá.

S cílem dosahovat maximální exaktnosti experimentální kognitivní psychologie se rozšířila metoda **měření reakční doby** doby odpovědi organismu na podněty. Jejich zobecnění je problematické. Záleží na druhu učení. Bude-li se jednat o implicitní učení automatického chování, například u příslušníků ozbrojených složek, budou výsledky měření reakčního času mít zcela jiný význam, než v případě učení strategie učení zapamatování složitějších vzorců nebo schémat.

Kognitivní psychologie staví výzkum intencionálního učení především na prověřené metodologii s více než stoletou zkušeností, kterou představují **kontrolované laboratorní experimenty**.<sup>93</sup>

---

<sup>93</sup> Experiment klasického typu znamená náhodné rozdělení pokusných osob do dvou skupin, přičemž experiment je proveden jen u jedné skupiny. Podle měření experimentální a kontrolní skupiny

Další metody kognitivní psychologie jsou psychobiologický výzkum, sebezpozorování, kazuistiky, pozorování v přirozených podmínkách a počítačové simulace umělé inteligence (Sternberg, 2009).<sup>94</sup> Současný výzkum se také opírá o funkční zobrazovací metody (Koukolík, 2016).

Pro kognitivně-psychologický výzkum je příznačné zaměření převážně na dospělou populaci, což implikuje náš utilitární zájem o poznatky tohoto oboru. V tomto ohledu také považujeme za vhodné upozornit, že výzkumné soubory pokusných osob nemusí vůbec odrážet průměrnou dospělou populaci, jakožto experimenty nemusí být ekologicky validní.

### **Metodologické limity experimentálního výzkumu učení**

Ústředním problémem experimentálního výzkumu učení je od počátku úroveň ekologické validity (*real-life/laboratory*).<sup>95</sup> **Ekologická validita** ukazuje stupeň, v jakém je možné považovat na základě šetření ve specifickém laboratorním kontextu zjištění za relevantní rovněž mimo tento kontext. Ekologická validita zahrnuje dva úzce související aspekty: reprezentativnost (*representativeness*) a zobecnitelnost (*generalizability*). Oba aspekty ekologické validity jsou pro konkrétní studie důležité, **zobecnitelnost** však hraje významnější roli, protože vyžaduje vysoké nároky na platnost a **aplikovatelnost** experimentálního zjištění v přirozeném prostředí (Kvavilashvili & Ellis, 2004).

Laboratorní prostředí není přirozeným prostředím, ve kterém obvykle k učení dochází. V experimentálním výzkumu jsou pokusné osoby většinou motivované, dobře soustředěné, nejsou vyrušované vnějšími okolnostmi a jinou pracovní činností. Učební výkony se v závislosti na prostředí mohou lišit zásadním způsobem.

Interferenci je například možné prokázat v laboratoři, názory na její význam mimo výzkumná pracoviště se různí (Baddeley, 1999), neboť redukcionismus laboratorního výzkumu opomíjí environmentální kontext (Neisser, 2014).

---

se stanovuje, při vyloučení vnějších příčin, zdali existuje nějaká kauzální závislost. Existují různé experimentální variace (přehled Disman, 2002).

<sup>94</sup> Přednosti a nedostatky kognitivní psychologie shrnují Eysenck a Keane (2008, s. 613-626).

<sup>95</sup> Srov. Koriat a Goldsmith (1996); Hartl (1999); Kvavilashvili a Ellis (2004); Eysenck a Keane (2008); Sternberg (2009); Neisser (2014).

Laboratorní měření rychlosti nebo přesnosti výkonu zkoumaných jedinců také neposkytuje přímé důkazy o struktuře kognitivních procesů učení.

Laboratorní prostředí není místem, kde bychom mohli obvykle vidět spontánní chyby například z roztržitosti.<sup>96</sup>

Teorie vytvořené ve výzkumných ústavech také souvisí s problémem **oddělení** (*decoupling*), který vyjadřuje princip izolovanosti předmětu experimentální studie. Jestliže je studie zaměřena na výzkum paměti a uspořádání výzkumu odděluje paměťové systémy od jiných faktorů, jako například emoce nebo motivace, nelze uspokojivě zobecnit výsledky „odděleného“ šetření paměti na principy fungování a užívání paměti v každodenní praxi (Eysenck & Keane, 2008).

Intuitivně předpokládáme, že existuje menší **variabilita**, než je tomu ve skutečnosti. Kognitivně-psychologické studie nahlíží na procesy učení optikou mentálních operací a chování pokusných osob v kontrolovaných podmínkách experimentu řízených experimentátorem, jehož scénář je obvykle striktně stanovený a neměnný. Prostředí běžného života je mnohem rozmanitější a učení dospělých zahrnuje flexibilní faktory.

Diskutovaným limitem experimentálního výzkumu je **reprezentativnost**, respektive skutečnost, že se studie realizují na malých souborech s omezenou reprezentativností, které jsou navíc obvykle velmi specifické. Důvodem je fakt, že nejčastěji vyskytující se pokusné osoby v psychologických výzkumech jsou příslušníci transatlantického kulturního okruhu, jejichž sociokulturní prostředí, které je definuje, lze charakterizovat jako západní, vzdělané, průmyslově vyspělé, bohaté a demokratické (Henrich, Heine & Norenzayan, 2010). V takto typickém prostředí se rekrutující pokusné osoby v normální distribuci nacházejí spíše na okraji Gaussovy křivky. Zobecňovat studie na širší dospělou populaci je problematické.

Problémy ekologické validity a související otázky se v historii psychologie stále opakují a diskutují. Diskuse o obou přístupech (*real-life/laboratory*) mají soustředivou a komplementární tendenci (Kvavilashvili & Ellis, 2004).

---

<sup>96</sup> Norman a Sellenová (1992; in Eysenck & Keane, 2008).

Koriat a Goldsmith (1996) si všimli, že výsledky z laboratorních výzkumů byly získány nejčastěji měřením výkonu počtu či procent vybavených nebo rozpoznaných položek, zatímco výzkum mimo laboratoř se opírá více o přesnost vyjádřenou v procentech správně vybavených nebo rozpoznaných slov z celkového počtu identifikovaných položek. Nesrovnalosti nemusí způsobit tedy jen kontext šetření, ale odlišná výzkumná opatření v obou kontextech.

Kontroverze mezi přístupy jde hlouběji než otázky „jak“, „kde“ a „jaké“ jevy je třeba zkoumat. Různým způsobem se metodologická kontroverze vztahuje k odlišným metaforám způsobující rozdílné vnímání a hodnocení učení a paměti, přičemž jasně dominuje prostorová metafora skladů, užívaná jak v laboratoři, tak ve výzkumu každodenní paměti (Koriat & Goldsmith, 1996; Neisser, 2014).

Kognitivní výzkum učení naráží na limity, které shrnují následující výroky:

1. Definice učení popisují dílčí projevy komplexního sociálního subjektu s jedinečnými rozměry struktury osobnosti a unikátní zkušeností.
2. Nelze vždy spatřovat výsledky učení bezprostředně, retenční interval ovlivňuje mnoho proměnných, není vždy možné zajistit uspokojivou míru validity a reliability.
3. Výzkumné soubory v experimentálních výzkumech nejsou zpravidla reprezentativní.
4. Přirozené prostředí a kontrolované prostředí se od sebe odlišují, tudíž nelze s jistotou zobecnit závěry z laboratorních výzkumů pro podmínky přirozeného prostředí.

Domníváme se, že laboratorní experimenty i studie mimo laboratoř mají vlastní hodnotovou relaci a potenciál pro aplikovaný výzkum ve vzdělávání dospělých. S jistou mírou pochybností a opatrnosti považujeme laboratorní studie za užitečné. Problematiku ekologické validity posuzujeme jako důležitý aspekt pro interpretování a aplikaci kognitivních teorií učení. Experimentální studie jsou z andragogického hlediska validizovány až samotnou praxí, bez ohledu na to, zdali jejich výsledky pocházejí z laboratoře nebo učebny v rámci formálního vzdělávání. Praxe a každodenní život jsou skutečným arbitrem kvality kognitivních teorií učení.

## Shrnutí

V roce 1956 se etablovala věda zaměřená na zkoumání lidské mysli z hlediska procesů zpracování informací. Lidská mysl je přirovnána k počítači, což sice není z dnešního pohledu přiléhavá analogie, umožňuje však zkoumat strukturu a procesy učení. Podle principu modularity mysli se pro některé druhy učení v evoluci vyvinuly specifické moduly s jasnou funkcí. Předpokládá se vztah mezi modulární organizací mysli a lidským mozkem. Konekcionistický přístup modeluje procesy učení na bázi paralelně distribuovaného zpracování informací prostřednictvím mohutné výpočetní kapacity. Podle teorie Hebbovského učení je zpracování informací dáno aktivitou spojů mezi neurony. Užívané synapse posilují vlastní činnost a jejich aktivita prostřednictvím učení sílí. Znalosti jsou paralelně distribuovány v systému neuronální konektivity.

Kognitivně-psychologický přístup se zaměřuje na procesuální modely a experimentální výzkum učení. Informační paradigma je východiskem pro studium kognitivních procesů učení. Výzkum učení zahrnuje interdisciplinární přístupy, základní metodologií kognitivního výzkumu učení je metoda kontrolovaných laboratorních experimentů. Problémem laboratorního výzkumu učení je ekologická validita, reprezentativnost a zobecnitelnost studií na praxi učení dospělých v přirozeném prostředí. Řešení problému poskytuje komplementární výzkum a metaanalýzy výzkumů učení v různém prostředí.

## 6. TEORIE PAMĚŤOVÝCH PROCESŮ

*„Paměť je zásobující a vydávající schopnost mysli, která přijímá věci, smysly zachycené, je uchovává a podle potřeby opět vydává.“* Jan Amos Komenský (1646; 1946).

### Procesy učení a paměti

V širším pojetí jsou učení a paměť kognitivní procesy zpracování informací. Paměť je možné definovat jako učení, které ulpělo (Howard, 1998), přičemž základní vlastností paměti je její pomíjivost (Schacter, 2003). Funkcionální pojetí definuje paměť jako „prostředek, jímž zaznamenáváme znalosti své minulosti proto, abychom je mohly užít v přítomnosti“ (Sternberg, 2009, s. 208).

Učení podle Hydéna (In Pribram, 1974) znamená schopnost systému reagovat novým nebo pozměněným způsobem jako výsledkem zkušenosti, a paměť představuje schopnost ukládat informaci, kterou je možné později vybavit za účelem řízení funkce korelace s novou informací.

Paměť a učení lze také chápat jako společné funkční systémy a procesy. V případě vztahu učení a paměti nejde ani tak o přesnou diferenciaci, jako spíše o porozumění procesům, které jsou předkládány obvykle jako synonyma. Kognitivní psychologie popisuje učení a paměť jako společné a neoddělitelné vzájemně interagující systémy.<sup>97</sup>

Klasický model popisuje paměť jako schopnost ukládat, uchovávat a vybavovat informace.<sup>98</sup> V kognitivním paradigmatu procesy učení chápeme jako zpracování a ukládání informací do paměti prostřednictvím smyslových, tj. vizuálních, akustických, haptických nebo čichových modalit. Strukturální uspořádání uložených informací v paměti explikují metafory.

---

<sup>97</sup> Squire (1986); Eysenck a Keane (2008); Sternberg (2009).

<sup>98</sup> Srov. Komenský (1646; 1946).

## Metafory paměti

Etymologie slova metafora pochází ze starořeckého *μεταφορά*, což znamená *přenesení* ve smyslu pojmenování nějaké skutečnosti na základě určité podobnosti. Metafory je možné chápat jako lingvistické konstrukce vytvořené na základě specifického druhu podobnosti v přeneseném významu na jiný objekt.

Obsahem každé metafory jsou dvě srovnávané položky, *tenor* a *vehikulum*, a dva způsoby jejich interakce. Metaforickým základem (*ground*) jsou podobnosti mezi srovnávanými položkami, rozdíly mezi nimi jsou nazývány napětím (*tension*). Výklad účinků metafor se zaměřuje buď na základ, nebo naopak na napětí.<sup>99</sup>

Kognitivní lingvistika užívá metafory jako prostředku ke strukturování vnějšího světa a myšlení. Lakoff a Johnson (2002) na základě evidence lingvistických důkazů předložili hypotézu, která říká, že lidský pojmový systém je strukturován i definován metaforicky, a tudíž metafory nejsou záležitostí pouze jazyka, nýbrž bazálních procesů lidského myšlení. Z hypotézy vyplývá, že metaforické pojmy mohou být možné právě proto, že již existují v našem pojmovém systému.<sup>100</sup>

Metafory jsou užitečné, jestliže mohou pomoci explikovat jevy a procesy. Ve své podstatě jsou však metafory zpravidla nepřesné, přesto jsou považovány za vhodný nástroj základního konceptualizačního mechanismu poznávání.

Reprezentování mentálních skladeb nebo znalostních složek v symbolické podobě, v nějakém jazyce, usnadňuje myšlení ze strany kognitivního vědce nebo analytika (Koedinger & Roll, 2012). Není tedy nic zvláštního na tom, že kognitivní teorie učení a paměti jsou založeny na metaforách, jejichž prostřednictvím můžeme konceptualizovat interakce s prostředím a strukturovat představy o procesech učení.

Kognitivní výzkum učení užívá počítačový diskurs analogicky a metaforicky, což umožňuje interpretovat a operacionalizovat abstraktní a jinak neuchopitelné jevy, jako jsou právě procesy učení a paměti.

---

<sup>99</sup> Sternberg (2009).

<sup>100</sup> Zpracování metaforické stránky jazyka je pro lidský mozek poměrně náročná činnost, na které se mimo levé hemisféry podílí také pravá hemisféra mozku (Koukolík, 2014a).



Existuje více typů metafor učení a paměti.<sup>101</sup>

**Prostorové metafor** ukládání informací vycházejí z předpokladu, že informace jsou uloženy v trojrozměrném prostoru. Nedomníváme se přitom, že jsou vzpomínky staticky uskladněny jako sortiment v regálech (*memory storage*), přesto nejčastější zhmotnění paměti je v různých variacích prostorové.

Podle Roedigera (1980a) prostorové metafor paměťových jevů popisují v našem přirozeném jazyce vzpomínky jako objekty, které jsou uloženy v prostoru mysli, přičemž proces vybavování z paměti je koncipován jako vyhledávání těchto objektů. Prostorovou metaforou paměti je například počítačový pevný disk, na který jsou jednotlivé informační soubory (reprezentace) zaznamenávány a později v jeho rámci vyhledávány. Hypoteticky vzato má každý takto uložený soubor své vlastní místo a změny nejsou možné vyjma zhoršení přístupu k uloženým reprezentacím.

Obvykle v této souvislosti hovoříme o metafoře blednoucí či ropadající se paměťové stopy. Teorie rozpadu paměťových stop (*trace decay theory*) má za to, že bez opětovné aktivace se paměťové stopy rozpadají, obvykle během spánku, na nové neurčité paměťové záznamy. Metafora, kterou teorie vyjadřuje, se jeví slibně, dokladů pro takovou představu však mnoho není (Eysenck & Keane, 2008).

Nejvíce rozšířenou v jazykovém užití, intuitivní pro nepsychology a značnou část psychologů, je prostorová metafora skladů (*storage metaphor*).<sup>102</sup> Metafora skladů do značné míry neodpovídá vysoké flexibilitě paměťových systémů a z hlediska strukturálního uspořádání se jeví spíše jako slibná a užitečná sémantická figura.

Jinou prostorovou metaforou je metafora knihovny, kde jsou obvykle informace systematicky uspořádané a kategoricky utříděné. Podobně jako v knihovnickém uspořádání paměť strukturuje nové znalosti v souvislostech s předchozími znalostmi za účelem efektivnějšího vyhledání (vybavování).

Důkazy pro paměťové třídění a vytváření kategorií byly doloženy již v minulosti (Bousfield et al., 1954; Tulving, 1962; Bower et al., 1969).

---

<sup>101</sup> Přehled Roediger (1980a); Rubin (2006).

<sup>102</sup> Koriat a Goldsmith (1996); Roediger (1980a).

V tomto ohledu činí sofistikované uspořádání dat v moderních knihovnických databázích uvedenou metaforu plausibilní. Skutečné uchování mentálních reprezentací je zcela jistě mnohem složitější.

Metafora korespondence (*correspondence metaphor*) se na rozdíl od prostorové metafory vypovídající o dostupných položkách určitého celku opírá o odpovídající údaje (korespondující obsahy) mezi výpovědí a skutečností. Tento přístup se zaměřuje zejména na deklarativní epizodickou paměť a akcentuje přesnost při vybavování minulých událostí. Vyžaduje odlišný výzkum zahrnující laboratorní i mimolaboratorní prostředí a motivační faktory (Koriat & Goldsmith, 1996).

Jiné metafory paměťových procesů jsou již zmíněné učení, dovednost, „ladění“ nebo transfer vhodného zpracování (Rubin, 2006).

Někteří vědci akcentují spíše procesy, které reprezentace zpracovávají.<sup>103</sup>

Fundamentálně odlišnou paměťovou metaforou je **metafora sítí** (*networks*) vycházející z konekcionistických modelů neuronových sítí.

V současnosti je paměť popisována jako soustava neurokognitivních sítí velkého rozsahu. Podkladem paměti je synaptická plasticita čili neuronální činnost pro kódování, konsolidaci a vybavování z paměti (Koukolík, 2012).

Na otázku, kde se v neuronálních sítích nacházejí uložené informace, odpovídají dvě teorie. První teorie má za to, že uložené informace jsou koncentrované v integrovaném souboru několika neuronů, které kódují informace evokací akčních potenciálů, zatímco druhá teorie říká, že informace jsou široce distribuované v mozkové kůře. V obou případech se jedná o aktivitu nervových buněk, jejichž činnost nespočívá pouze v předávání nebo inhibici signálů. Neuron informace zpracovává neurochemicky, a pravděpodobně s dalšími komplexními mechanismy informace dále integruje a kodifikuje pro další zpracování.<sup>104</sup>

V konekcionistickém modelu není paměť prostorově lokalizovatelná, nachází se v rozložení neuronových sítí. To znamená, že informace není uskladněna na jednom specifickém místě, tak jako je tomu u prostorových metafor, ale je projekcí

---

<sup>103</sup> Craik a Lockhart (1972; 2002); Craik a Tulving (1975); Eysenck a Keane (2008, s. 187).

<sup>104</sup> Vnitrobuněčné zpracování informací je předmětem výzkumu molekulární biologie.

mnoha spojení mezi jednotkami sítě. Paměť je realizována v lidském mozku prostřednictvím spojů, které jsou vysoce systematicky a selektivně organizovány. Uložení informace do dlouhodobé paměti je ve své podstatě neuronální změnou způsobenou novou novou konektivitou nebo změnou na úrovni existujících synapsí.

Vzpomínky lze také chápat jako kognitivní templáty, které silně reprezentují minulé zkušenosti. Kognitivní templáty umožňují rozpoznávat informační komplexy označované jako atraktory. Atraktor je zhuštěné uspořádání neuronů s mohutným vzájemným propojením. Jedinečnou vlastností atraktoru je, že stejné neuronální uspořádání je snadno aktivováno velmi širokým rozsahem signálů, což představuje efektivní mechanismus poznávání informačních komplexů (Goldberg, 2006).

Kognitivní teorie učení a paměti užívají různé metafory pro explikaci různých předpokládaných jevů.<sup>105</sup> Metafory jsou základním mechanismem bazálních poznávacích procesů. Strukturují a definují lidský pojmový systém a jsou přirozenou komponentou interakce s prostředím. Jestliže se snažíme porozumět něčemu neznámému, metafory jsou užitečným nástrojem pro uchopení zkoumaného problému. Učení založené na zpracování informací kóduje a ukládá znalosti jako soubory informací do paměti, kterou obvykle představuje prostorová metafora skladů. Zřejmě přiléhavější metaforou pro uchování informací jsou neuronální sítě.

Metafory představují zjednodušený a přibližný model systému paměti, přičemž paměť není jednotný systém.

## **Taxonomie paměťových systémů**

Porozumění paměti významným způsobem přispěla lékařská studie o amnestickém pacientovi, dříve uváděným s iniciálami H. M., kterému z důvodu jinak neléčitelné epilepsie byla provedena resekce vnitřních částí spánkových laloků (Scoville & Milner, 1957).

---

<sup>105</sup> V kognitivní psychologii a výzkumu učení se vyskytují metafory: zpevňování reakcí, získávání znalostí, paměťová stopa, flexibilní transfokátor (funkce *zoom*), znovuožívání vzpomínky, konstruování poznání, procesy zdola nahoru/shora dolů, hloubka zpracování, a mnohé další.

Následné dramatické změny chování u pacienta H. M. odhalily zcela nové skutečnosti o paměťových strukturách a funkcích. Po odnětí vnitřních částí spánkových laloků mozku (limbický systém) měl H. M. pracovní paměť bez postižení, retrográdní paměť zachovanou částečně, trpěl však globální anterográdní amnézií paměti.<sup>106</sup> H. M. ztratil schopnost epizodické a sémantické paměti, zatímco procedurální paměť zůstala do určité míry zachovaná.<sup>107</sup>

Kritickou strukturou učení byl označen limbický systém (viz Anatomie učení). Amnézie H. M. se stala měřítkem pro diagnostické metody poruch paměti. Následný výzkum vedený doktorkou Milnerovou<sup>108</sup> odhalil klíčové principy organizace paměti a předpověděl novou klasifikaci učení (Squire, 2009).

Do počátku sedmdesátých let 20. století byla paměť považována za jednotný systém.<sup>109</sup> Publikování studie Atkinsona a Shiffrina (1968) o teorii víceúrovňové paměti, známé jako vzorový model nebo **víceúrovňový model** (*modal model; multi-store model*), znamenalo rozšíření výzkumného rámce teorie paměti a reformulaci teoretické koncepce učení.

Model definuje paměť jako systém více druhů pamětí, které jsou rozlišovány podle příslušných systémů a řídicích procesů na sensorický registr, krátkodobou paměť a dlouhodobou paměť. Sensorickým registrem vstupují a prochází informace v echoické, ikonické nebo jiné modalitě do krátkodobé paměti, která přijímá a na omezenou dobu uchovává vstupy ze sensorického registru a dlouhodobé paměti, kde byly dříve kódované informace uchovávány.

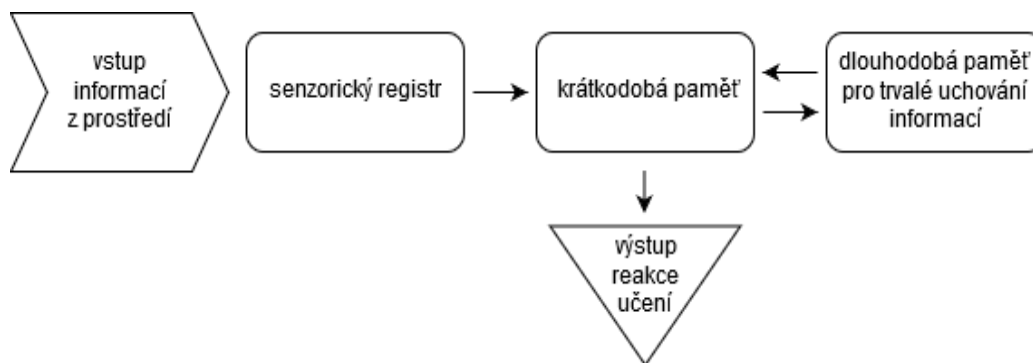
---

<sup>106</sup> Anterográdní amnézie je neschopnost kódování nových informací. Retrográdní amnézie znamená neschopnost vybavování poznatků a zkušeností před vznikem této amnézie například vlivem úrazu nebo poškozením mozku některou neurodegenerativní nemocí.

<sup>107</sup> H. M., vlastním jménem Henry Gustav Molaison (1926-2007), přehled Koukolík (2012; 2014).

<sup>108</sup> Brenda Milnerová získala doktorát v roce 1952 pod vedením D. Hebba a jako mladá vědkyně se silnou koncepční orientací dostala příležitost vést výzkum o pravděpodobně nejvíce studovaném případě v historii neurovědy. H. M. údajně zmínil, že je rád, že výzkum o něm může pomoci druhým lidem (Squire, 2009).

<sup>109</sup> S myšlenkou vícekomponentní paměti přišel již ve své době W. James a D. Hebb (Baddeley, 1999).



**Obr. 6: Víceúrovňový model paměti (podle: Atkinson & Shiffrin, 1968)**

Víceúrovňový model paměti představuje integrované a částečně autonomní systémy, které slouží odlišným funkcím. Každý typ paměti má vlastní anatomické obvody, které informace kódují, uchovávají a zprostředkovávají k nim přístup.

Senzorickou paměť se v této práci zabývat nebudeme a vystačíme si s pracovní hypotézou dvou systémů paměti.

Pro hypotézu dvoudimenzionálního modelu paměti se vyskytuje řada silných argumentů. Prvním zdrojem argumentu je skutečnost, že se paměť chová dvojím způsobem. Faktory jako například rychlost prezentování, obeznámenost s učebním obsahem, kontext prostředí nebo multitasking čili souběžné zadání a zpracování více úkolů, ovlivňují dlouhodobou paměť. Druhým typem argumentů jsou závěry neuropsychologického výzkumu pacientů s anterográdní a retrográdní amnézií. Třetí druh argumentu poskytují experimentální data, která naznačují, že krátkodobá paměť kóduje informace akusticky na základě jazyka a řeči, zatímco dlouhodobá paměť má spíše vztah k sémantickému kódování a porozumění významům (Baddeley, 1999; Sternberg, 2009).

## **Krátkodobá paměť a mode pracovní paměti**

Krátkodobá paměť (*short-term memory*) je v základní klasifikaci víceúrovňového modelu oddělena od dlouhodobé paměti časovou relací zpracování. Klíčovou charakteristickou krátkodobé paměti je její limitovaná kapacita pro uchování informací po dobu několika sekund, případně minut.

Klasická práce G. A. Millera (1956) přišla s hypotézou, že smysluplné jednotky mohou saturovat kapacitu bezprostřední krátkodobé paměti v počtu  $7 \pm 2$  položek

nebo souborů položek (*chunks*). Krátkodobá paměť je na ostatních systémech paměti relativně nezávislá. Z krátkodobé paměti je část informací ukládána do dlouhodobé paměti prostřednictvím kódování a konsolidace paměťové stopy.

Pracovní paměť (*working memory*) je operačně-provozní paměť s omezenou kapacitou, která integruje vstupní smyslové informace a aktivuje uložené reprezentace. Pracovní paměť je řídicí systém pro kódování a vybavování informačních obsahů (Baddeley & Hitch, 1974; Baddeley, 1999).

Komponenty pracovní paměti jsou (Baddeley & Hitch, 1974):

1. Fonologická smyčka (*phonological loop*) – systém zvukové krátkodobé paměti, v němž se dočasně ukládají řečové a neřečové informace. Jestliže nejsou informace opakovány, ztrácí se v čase 2-3 minut (Koukolík, 2014a).
2. Vizuospaciální náčrtník (*visuo-spatial sketch pad*) – systém krátkodobé paměti pro zrakové a prostorové kódování. Kódování po krátké chvíli „vyhasíná“.
3. Centrální řídicí složka (*central executive*) – systém, který integruje a uspořádává vstupní informace do vyšších celků. S centrálním operačním systémem spolupracují ostatní podřízené subsystémy, které vypomáhají s některými funkcemi krátkodobé retence informací pro možný výkon náročnějších operací. Metaforou centrální řídicí složky je vedoucí (*manager*), který deleguje část svých kompetencí svým podřízeným, aby se mohl věnovat řešení nových problémů. Centrální exekutivní složka a vizuospaciální náčrtník se podílí na zpracování podnětu při krátkodobém uložení a následném vybavení.<sup>110</sup>

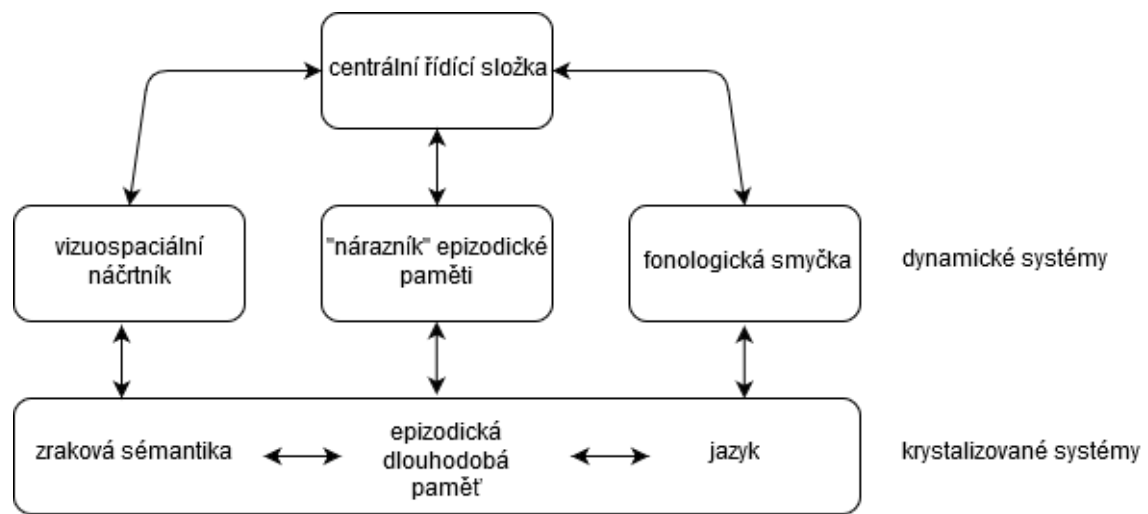
Na základě rozsáhlého výzkumu Baddeley (2000) rozšířil model pracovní paměti o další komponentu, tzv. „nárazník“ epizodické paměti (*episodic buffer*).<sup>111</sup> Nárazník epizodické paměti vyznačuje rozhraní mezi pracovní a dlouhodobou pamětí. Spojuje různé typy informací (verbální, vizuální), do časové trajektorie

---

<sup>110</sup> Baddeley (1999); Koukolík (2012)

<sup>111</sup> Baddeley (1999; 2000; 2003).

a plynulé reprezentace. Teorie pracovní paměti vychází z experimentálního šetření a pozdějších neuropsychologických nálezů.<sup>112</sup>



Obr. 7: Vícesložkový model pracovní paměti (podle: Koukolík, 2012)

Teorie pracovní paměti říká, že jazyk, kterým disponujeme, ovlivňuje způsob, jakým kódujeme, uchováváme a vybavujeme informace (srov. Baddeley, 1999).

Skupina vědců zkoumala vztah jazyka a zpracování informací testováním pracovní paměti dospělých lidí v osmi odlišných kulturách mluvících různými jazyky. Výzkumný tým komparoval výkony pokusných osob v úlohách vybavování slov, čísel a prostorových podnětů. Studie ukázala, že úroveň pracovní paměti a zpracování informací silně závisí na syntaxi a liší se podle typu jazykového zpracování. Větná skladba a pořadí slov je spojeno s kognitivním procesem ukládání informací. Syntax a slovní uspořádání rodného jazyka predikuje způsob, jak budou zapamatována nejen slova, ale rovněž nelingvistické podněty (Amici et al., 2019).

Pracovní paměť je klíčový systém pro funkci zpracování nových i uložených informací. Kognitivní procesy učení jsou na pracovní paměti zcela závislé. Jazyk ovlivňuje způsob kódování, uchování a vybavování. Složky pracovní paměti se podílí na způsobu a formě zpracování informací v dlouhodobé paměti.

<sup>112</sup> Anatomickou strukturou pracovní paměti je prefrontální kůra, a dále parietální kůra, hipokampus, thalamus a bazální ganglia (Baddeley, 2000); Přehled Koukolík (2012; 2014a).

## Dlouhodobá paměť

Dlouhodobá paměť (*long-term memory*) je systém uchovávající informace bez časového ohraničení prostřednictvím specifických změn na úrovni synaptické plasticity, obvykle rozlišovaný na deklarativní a nedeklarativní paměť.<sup>113</sup>

**Deklarativní paměť** je vědomou neboli explicitní pamětí generující zkušenosti a naučené obsahy. Nedeklarativní paměť je nevědomá, implicitní. Dlouhodobá paměť může být zraková, sluchová, jazyková, taktilní nebo prostorová.

V roce 1972 navrhl Endel Tulving model epizodické a sémantické paměti (*episodic-semantic memory*) pro dva odlišné systémy dlouhodobé paměti, které jsou na sobě do jisté míry nezávislé.

Epizodická paměť zaznamenává události z našeho života, které jsou kódovány jako osobní epizody v čase a prostoru. Součástí je autobiografická paměť (*re-experiencing, familiarity*) zaznamenávající osobní informace společně s kontextovými informacemi, které umožňují vizuálně a afektivně znovuprožívat minulost (Rubin, 2006; Koukolík, 2012).

Systém sémantické paměti ukládá obecné i specifické pojmy a myšlenky, významové a encyklopedické znalosti bez časoprostorového kontextu a další faktografický materiál, který jsme se v průběhu života naučili. Experimenty a testování sémantické paměti ověřuje verbální i neverbální obsahy (Koukolík, 2012).

<b>Epizodická paměť</b> Události v čase a prostoru (co, kde, kdy) vztah ke kontextu emoční složka sémiotická složka vybavování nemusí záviset na stáří dat autobiografická paměť	<b>Sémantická paměť</b> fakta, pojmy, významy slov, encyklopedické znalosti nezávislá na kontextu logická složka významová složka vybavování dat závisí na jejich stáří
---	---

Tab. 1: Epizodická a sémantická paměť (podle: Tulving, 1972; Koukolík, 2012)

<sup>113</sup> Squire (1986) v původní klasifikaci rozčleňoval dlouhodobou paměť na deklarativní a procedurální.



Koncept epizodické a sémantické paměti je podložen nálezy odlišných neurokognitivních sítí velkého rozsahu. Z hlediska teorie učení představuje koncept klíčový segment vysvětlující funkci a účinnost různého typu učení.

**Nedeklarativní paměť** je funkčně odlišný systém implicitní paměti pro dovednosti, (částečně) nezávislý na orientované pozornosti, označovaný jako procedurální paměť (*procedural memory*). Původně byly všechny nedeklarativní druhy paměti považovány za implicitní nebo procedurální. Později se přistoupilo k rozlišování paměti podle jejich neurobiologických podkladů.

Učením přecházejí dovednosti z deklarativní paměti do procedurální paměti. Uložené informace se vybavují nezávisle na vědomí (Squire, 1992; Willingham, 1997).



**Tab. 2: Taxonomie systémů učení a dlouhodobé paměti**  
(podle: Squire, 1986; Bird & Burgess, 2008; Koukolík, 2012)

Deklarativní paměť zahrnuje epizodickou a sémantickou paměť, kontextové a bezkontextové asociace, všednosti, vzpomínky a volné vybavování. Základní jednotkou deklarativní paměti je pojem. Předpokládá se, že pojmy jsou uspořádány do kategorií, schémat či jiných reprezentací.

Do nedeklarativní paměti patří procedurální paměť (motorické dovednosti), klasické podmiňování, návyky, senzibilizaci (zlepšení výkonu po opakovaném vystavení podnětu), přetrvávající percepci a *priming*.

*Priming* [praɪmɪŋ] je anglický pojem pro druh dlouhodobé implicitní paměti, vyjadřující ideomotorický efekt známý také jako nevědomé ovlivnění jednání myšlenkou (Kahneman, 2012).<sup>114</sup>

Tradiční taxonomie paměťových systémů je inspirována kognitivní neurovědou, vyšetřování neuronálních substrátů systémů paměti a jejich vzájemné interakce představují užitečná data a pole pro další výzkum (Bird & Burgess, 2008).

Systém paměti	Funkce paměti
Deklarativní paměť	vědomé vzpomínky, fakta a události
Pracovní paměť	zachovává aktivitu reprezentací
Priming	ladí percepční a konceptuální reprezentace
Motorické dovednosti	získávání nových dovedností
Klasické podmiňování	vztahy mezi percepčními podněty a motorickou reakcí
Emoční podmiňování	vztahy mezi percepčními podněty a emočními odpověďmi

Tab. 3: Funkce paměťových systémů (podle: Willingham, 1997; Koukolík, 2012)

Výpočetní kapacita mozku pracuje s jistou mírou nepřesnosti. Reprezentace minulosti je prostřednictvím paměťových schopností pouze přibližována v přítomnosti jako mapa předchozí zkušenosti se zachycenou reaktivitou. Vzpomínky jsou paměťovými systémy rekonstruovány a je zřejmé, že nová konstrukce není nikdy přesnou kopií původní zkušenosti, nýbrž jakýmsi odrazem či otiskem, který poznávací systém na základě neznámých mechanismů dotvoří.

Funkce některých paměťových systémů se zhoršují s věkem více než jiné. Například procedurální paměť je vzhledem k věku odolnější než systém pracovní paměti. Rozlišování systémů paměti podle neuroanatomického a funkčního podkladu má význam pro analýzu kognitivních procesů učení.

Vycházíme z taxonomie učení podle funkčního uspořádání systémů paměti.

<sup>114</sup> Priming nemá český ekvivalent, doslovně špešná instrukce, podněcování, instruování předem. „Percepční priming, neboli priming při vnímání, je co do smyslové modality specifický. Sémantické kódování jej neovlivňuje. Konceptní priming čili priming, jenž souvisí s tvorbou pojmů, modalitně specifický není, sémantické kódování jej ovlivňuje.“ (Koukolík, 2012, s. 146).

## Klasifikace učení podle systémů paměti

Sternberg a Wagner (1985) rozlišují v základním třídění explicitní učení (deklarativní, vědomé) a implicitní učení (nedeklarativní, nevědomé).

Implicitní učení je nezáměrné učení, jehož výsledkem je zlepšení výkonu, měřeno zkrácením reakčního času (Koukolík, 2012). Informace kódované v průběhu implicitního učení odpovídají procedurální paměti, nelze je verbalizovat.

Strukturu explicitního učení tvoří paměťový systém v hipokampální formaci, kde dochází k ukládání nových poznatků v průběhu celého života (Spitzer, 2014).

Testování pomocí zobrazovacích metod dokládá oprávněnost základní klasifikace rozlišující explicitní a implicitní učení. Rozlišení má význam například při tvorbě testů (Eysenck & Keane, 2008).

Implicitní učení je nezáměrné a nevědomé učení v systému nedeklarativní procedurální paměti. Systémem explicitního učení je epizodická a sémantická paměť. Formou implicitního učení je *vědět „jak“*, zatímco formou explicitního učení je *vědět „že“*. V analýze kognitivních koncepcí se primárně soustředíme na teorie explicitního učení. Implicitním učením se v této práci zabýváme pouze okrajově.

	Implicitní učení	Explicitní učení
Paměť	nedeklarativní	deklarativní
Druhy paměti	procedurální, priming, senzibilizace, klasické podmiňování	epizodická, sémantická
Paměťové úlohy	datově řízené procesy	pojmově řízené procesy
Jazyk	není vyjádřeno formálním jazykem	formální jazyk
Verbalizace obsahu	bez schopnosti verbalizace	verbalizace naučeného obsahu
Operace	automatizace (proceduralizace)	kognitivní učení založené na schopnosti abstrakce a sémantické syntézy
Procesní dostupnost	tvorba percepčních schémat nevědomá podoba učení nepenetrabilní procesy (nepřístupné vědomí)	vědomé získávání informací zčásti penetrabilní (znalosti uložené v kognitivní struktuře dostupné v průběhu procesu zpracování)
Typy učení	senzoricko-motorická koordinace (zrcadlové kreslení) motorické učení (jízda na kole) reflexní učení, tacitní učení, klasické podmiňování	kódování informací do dlouhodobé paměti elaborativní učení úrovně zpracování
Formy vědění	vědět "jak"	vědět "že"

Tab. 4: Implicitní a explicitní učení podle systémů paměti

## Kognitivní reprezentace učení

Některé učení je okamžité, vyvolané jedinou událostí, a přesto může mít dopad na dlouhodobou, někdy celoživotní paměť. Typickým příkladem může být popálení o kamna nebo jiné horké těleso v dětství. Změny vyvolané silnou zkušeností mohou trvat po celý život. Je těžké odlišit kódovaný materiál, který se zdá být ztracený, od toho, který nelze vybavit nebo rozpoznat, a je tudíž pouze v danou chvíli nedostupný.<sup>115</sup>

Zabývali jsme se již biologickým podkladem učení a neurofyziologickou strukturou paměťové stopy. Biologicky viděno je výsledkem učení druh neuronální reprezentace. Prostřednictvím smyslového vnímání a orientované pozornosti zpracováváme informace z vnějšího a vnitřního prostředí, výsledkem je něco, čemu obvykle říkáme zkušenost, což znamená nějaký typ záznamu, který je uložen v dlouhodobé paměti (Koukolík, 2018).

Zkušenost je v systémech paměti reprezentována jako výsledná forma nového zpracování informací. Kognitivní psychologie pro zpřítomnění jevů vnějšího světa a výsledků kognitivních procesů užívá pojmy reprezentace, schéma nebo scénář.

### Teorie mentální reprezentace

Mentální reprezentace (*mental representation*; z lat. *re-praesentatio* znamená symbol znázornění, zpřítomnění podnětu) je základní termín kognitivní vědy vyjadřující způsob, jímž mozek zpracovává vnější informace, které následně transformuje do vnitřní struktury.

Izraelský neurobiolog Yadin Dudai (\*1944) definuje niternou reprezentaci světa jako „neuronálně kódovanou a strukturalizovanou verzi světa, která může potenciálně řídit chování“ (in Crick, 1997). Jinými slovy mentální reprezentace představuje kognitivní konstrukci vnější reality světa, prostřednictvím které vědomí vytváří a modifikuje mentální struktury zastupující vědomosti o vnějším světě.

---

<sup>115</sup> Kognitivní psychologie má problém rozlišit „dostupnost“ (*availability*) čili přítomnost informace v dlouhodobé paměti a „přístupnost“ (*accessibility*), což je míra, v níž je možné docílit přístup k dostupné informaci (Sternberg, 2009).

Mentální reprezentace je vnitřní myšlenkovou reprezentací vyšších poznávacích procesů, které umožňují kódovat informace poskytované smysly a poznávacími procesy do podoby, v níž mohou být uloženy v paměti a dále zpracovávány (srov. Sedláková, 2004).

V tomto smyslu je podstatou učení schopnost organismu pracovat s myšlenkami a představami reprezentujícími realitu (Hartl, 2010).

Mentální reprezentaci lze hodnotit podle výpočetní mohutnosti a její použitelnosti (Thagard, 2001), nebo jako konečný výsledek kódování informací, který je dispozičně uložený v paměti (Sedláková, 2004; 2013).

S hypotézou mentální reprezentace se pojí teorie schémat vysvětlující abstraktní poznávací struktury kognitivního systému.

### **Teorie schémat**

V roce 1932 vydal Frederic Bartlett (1886-1969) souhrn svých prací o výzkumu paměti, včetně experimentů, které testovaly vizuální a narativní paměť, a na jejichž základě byla předložena teorie schémat (*schema theory*).<sup>116</sup>

Bartlett si povšimnul, že přesnost vybavování vzpomínek závisí na předchozí sociokulturní zkušenosti. Podle Bartletta tedy není účelné zkoumat paměť prostřednictvím učení bezesmyslných slabik nebo řetězců číslic, ale prostřednictvím vybavování sémantických textů a příběhů. V Bartlettově klasickém experimentu pokusné osoby při vybavování legendy s názvem *Válka duchů* zkreslovaly naučený obsah tím, že do něj vnášely vlastní schémata.

V kognitivní psychologii je pojem schéma rozšířený, ale nejednotně užívaný.<sup>117</sup>

Schémat jsou organizované relevantní struktury znalostí, které tvoří mentální rámce pro reprezentace poznatků. Zahrnují nejrůznější pojmy a jejich vztahy, ovlivňují způsob reprodukce naučeného obsahu (Sternberg, 2009).

---

<sup>116</sup> Pojem *schéma* podle Hartla (2010) poprvé užil v roce 1906 psycholog J. M. Baldwin. Podle jiných autorů byl pojem *schémata* vyjadřující vrozené struktury, jejichž prostřednictvím vnímáme vnější svět, již dříve formulován filozofem Kantem (Eysenck & Keane, 2008).

<sup>117</sup> Srov. Sedláková (2004); Kahneman (2012); Schéma v odlišném koncepčním rámci vývojové psychologie o poznávacích procesech a strukturách rozpracoval Piaget (1966, s. 93-94; Piaget & Inhelder, 1970).

Schéma reprezentuje výsledek opakované zkušenosti, umožňující abstraktní myšlení a úspornost ve vztahu ke kognitivním procesům. Funkcí schématu je organizace zkušenosti, uchované a předpřipravené v paměti pro strukturování další zkušenosti (Sedláková, 2004).

Anticipační charakter schématu předpokládá regulativní struktury, které řídí časový sled částečně variabilních a z hlediska cíle integrovaných aktů (Linhart, 1972).

Schémata na nejvyšší úrovni odráží naše záměry a cíle jednání, zatímco schémata nižší úrovně odpovídají jednáním, která jsou pro tento záměr nutná učinit (Eysenck & Keane, 2008). Jako strukturovaný soubor pojmů je schéma užitečný teoretický konstrukt pro reprezentace událostí, jejich sekvencí a vazeb mezi objekty.

Dokladem účelnosti schématu jako sekvenční reprezentace událostí je klasická práce o kontextových předpokladech pro kódování a pochopení textu.

Bransford a Johnson (1972) testovali pokusné osoby, které si nejdříve měly přečíst text, a poté jeho obsah reprodukovat. Jestliže nebyl před čtením textu pokusným osobám sdělen kontext obsahu, bylo jeho vybavování mnohem obtížnější než v případě, kdy byl kontext před procesem kódování informací sdělen.<sup>118</sup>

Ze studie plyne závěr, že kontextuální obeznámenost může být klíčovou složkou úspěšného kódování učebního materiálu, jejíž přítomnost může potencovat vliv učení a zvyšovat pravděpodobnost vybavování.

## **Teorie scénářů**

Teorie scénářů (*script theory*) z roku 1975 (Schank & Abelson, 2013), vysvětluje pochopení obvyklého situačního chování v sociokulturním kontextu na základě uložených vzorových struktur jednání vytvořených z předchozích zkušeností.

---

<sup>118</sup> Obsah textu pro kódování a vybavení v experimentu: „Postup je celkem jednoduchý. Nejdříve vše roztrídíte do jednotlivých hromádek, někdy můžete mít jen jednu hromádku, záleží na tom, kolik je toho celkově. Jestli musíte odejít z důvodu, že nemáte potřebné zařízení, jedná se krok, který bude následovat dále. Jinak je vše připraveno. Nic není třeba přehánět, raději udělat v jedné chvíli méně než mnoho. Z krátkodobého hlediska vám postup nemusí připadat důležitý, nicméně se můžete dostat do potíží. Nejdříve se to bude celé jevit složité, ale brzy uvidíte, že půjde o běžnou rutinu. Je těžké říci, jestli by tato potřeba mohla někdy pominout, ale jeden nikdy neví. Jakmile bude proces ukončen, materiál se znovu utřídí a uloží na správné místo. Nakonec ho zase použijete a celý proces se bude opakovat, jak to tak patří k životu.“ V textu šlo o kontext praní prádla (Bransford & Johnson, 1972).

Schank a Abelson vykládají scénář jako „*strukturu, která popisuje adekvátní pořadí události ve specifickém kontextu. Scénář je vytvořen z určitých přihrádek a požadavků na to, co je může zaplnit. Struktura je vzájemně propojený celek. Jevy v jedné přihrádce ovlivňují jevy, které mohou být v jiné přihrádce. Scénáře zoládají každodenní stylizované situace. Příliš se nemění, nejsou nástrojem pro zoládání naprosto nových situací.*“ (Sternberg, 2009, s. 297).

Autoři studie uvádí, že scénáře jsou projekcí plánovaných událostí v relativně stabilním uspořádání. Klasickým scénářem je typické chování v restauraci.

Předpokládá se, že každý, kdo již někdy navštívil typické prostředí restaurace, očekává obdobný sled událostí při každé další návštěvě v restauračním zařízení. Prostřednictvím stereotypních situačních profilů (narativních fragmentů) se dynamicky konstruují kognitivní znalosti a sociální dovednosti. Scénáře zahrnují uspořádané sekvence činností a jsou užitečným nástrojem pro identifikaci znalostních struktur každodenních událostí.

Klasická studie ověřující platnost teorie scénářů ukázala, že lidé si vybavují podle scénářů. Scénáře jako propozice ovlivňují paměť a učení (Bower et al., 1979). Propozice jsou sémantické vztahy mezi pojmy, přičemž obrazové i slovní informace se kódují a ukládají jako výroky o těchto vztazích.

Studie také poukázala na skutečnost, že scénáře se mohou prolínat s jinými scénáři. Jestliže jsou scénáře definovány jako struktury typických událostí, budou mít omezený rozsah, což neodpovídá flexibilitě paměti.

Kognitivní vědec Roger Schank (\*1946) později přepracoval teorii scénářů a navrhl model dynamické paměti (*dynamic memory theory*), který předpokládá hierarchicky organizované struktury scénářů (Eysenck & Keane, 2008).

Podle Schanka se učíme převážně tehdy, když prostředí neodpovídá našemu očekávání, přičemž zcela zásadním aspektem je, že učení je možné pouze na úrovních, které jen lehce převyšují současné schopnosti poskytující připravenost k dalšímu učení.

Dodejme, že Roger Schank je kritikem školského formálního vzdělávání a zastáncem zkušenostního učení. K učení podle Schanka dochází mimo školy,

z tohoto důvodu odmítá osnovy a soudobou praxi vzdělávání považuje za antiučení (Brockman, 2008).<sup>119</sup>

Scénáře jsou výsledkem učení a představují tedy naučená mentální schémata jako propozice, plány nebo jiné vědomostní struktury, usnadňující orientaci v opakujících se situacích, které umožňují pochopení posloupnosti událostí zejména v sociální interakci.

### **Shrnutí**

Metafory jako součást bazálního pojmového systému explikují zkoumané jevy učení a paměti, umožňují interpretovat a strukturovat kognitivní procesy a interakce s prostředím. Rozšířená metafora paměti vychází z představy, že informace jsou uskladněny v trojrozměrném prostoru. Metafora knihovny je sice výstižná, existují totiž doklady o paměťovém uspořádání a kategorizaci znalostí, metafora sítí bude zřejmě přiléhavější metaforou, jestliže je podkladem paměti synaptická plasticita.

Na učení a paměť lze považovat za totožné funkční systémy a procesy. Klinický případ H. M. poskytl nová měřítko pro klasifikaci a organizaci učení podle systémů paměti. Paměť není jednotnou funkcí, víceúrovňový model paměti rozlišuje krátkodobou a dlouhodobou paměť.

Krátkodobá paměť, jejíž časový limit je věcí diskuse, saturuje počet položek  $7 \pm 2$ . Záleží na způsobu kódování a konsolidaci paměťové stopy. Strukturovanějším modelem krátkodobé paměti je pracovní paměť. Model operačně-provozní paměti zahrnuje centrální exekutivní složku, která řídí zpětnovazebné procesy kódování a uchování v dlouhodobé paměti, fonologickou smyčku, kterou prochází akustické kódování a vizuospeciální náčrtník pro zrakové a prostorové kódování. Později je model pracovní paměti rozšířen o komponentu zvanou „náravník“ epizodické paměti vymezující rozhraní mezi pracovní a dlouhodobou pamětí.

---

<sup>119</sup> Roger Schank je americký kognitivní vědec a teoretik umělé inteligence, který se zaměřuje na učení a paměť. Je autorem vlivných teorií a zakladatelem Institutu pro výuku vědy - *Institute for the Learning Sciences* (Brockman, 2008).



Shrnuto pracovní paměť řídí ukládání a vybavování informací z dlouhodobé paměti, přičemž jazyk (fonologický smyčka) ovlivňuje způsob kódování, uchování a vybavování.

Dlouhodobá paměť je deklarativní čili vědomá paměť s funkcí explicitního učení, a nedeklarativní, kdy si člověk nemusí uvědomovat učení a vliv předchozí zkušenosti bude zřejmý z výkonu zadané úlohy. Deklarativní paměť rozlišil Tulvingův model epizodické a sémantické paměti (1972) pro dva odlišné a částečně na sobě nezávislé paměťové systémy. Epizodická paměť uchovává osobní události, sémantická paměť uchovává fakta, pojmy a významy slov. Nedeklarativní (procedurální) paměť zahrnuje motorické dovednosti, klasické podmínování, návyky, senzibilizaci a *priming*.

Základní klasifikaci učení rozlišujeme podle funkčního uspořádání systémů paměti. Implicitní učení je nezáměrné a neverbalizované učení v systému procedurální paměti. Systémem explicitního učení je epizodická a sémantická paměť, kritickou strukturou je hipokampus. Formou implicitního učení je vědět „jak“, zatímco formou explicitního učení je vědět „že“. Zkušenost znamená záznam na základě nového učení, který zkušenost reprezentuje.

Výsledky učení jsou mentální reprezentace, schémata nebo scénáře.

## 7. Kognitivní teorie učení: poznávací procesy a modely

Kognitivní teorie učení vyjadřují hypotézy, výroky a poznatky o procesech zpracování informací při učení na základě interdisciplinárního, teoretického a empirického výzkumu. V této práci interpretujeme kognitivní procesy učení a analyzujeme jejich vnitřní strukturu a funkční vztahy. S ohledem na cíl této práce a současnou kvantitu a diferenciaci kognitivního výzkumu učení zde nepředkládáme vyčerpávající analýzu komplexní problematiky kognitivního učení, ale zaměřujeme se na uspořádání a funkční vztahy klíčových procesů učení v základním modelu.

Orientujeme se především na podstatné koncepce a zásadní modely, které jsou předmětem teoretického a experimentálního výzkumu, a které mohou mít utilitární potenciál pro androdidaktické potřeby. Pro krajní souvislost s procesy učení v základním modelu se nejdříve zaměříme na preprimární procesy zpracování informací. Percepce a pozornost představují kritické faktory první fáze modelu kódování.

### PERCEPCE A POZORNOST

Interdisciplinární výzkum primárních kognitivních procesů je značně rozsáhlý. S ohledem na rozsah a diverzifikaci výzkumu kognitivních modelů vnímání a pozornosti uvádíme pouze fragment klíčových teoretických koncepcí.

Fáze kognitivního zpracování podnětu začíná percepcí, orientovanou pozorností, a pokračuje přes krátkodobou paměť a zpracování v dlouhodobé paměti (Eysenck & Keane, 2008). Mezi základní funkce vnímání patří pozornost, redukce podnětů čili filtrace, selekce, znamenající výběr z rozmanitých podnětů, případně soustředěnost, ale také srovnávání s obsahy paměti (Feldman et al., 1994).

Evidence důkazů ukazuje současně na obecnou centrální kapacitu zpracování a modularitu ve zpracování.

Podle Sternberga (2009) je produktivnější chápat procesy jako kontinuum, v jehož systému běží informace, než diskutovat o hranicích mezi percepcí a kognicí, nebo mezi čítím a percepcí.

První fázi modelu učení předchází, pokud není přímo jeho součástí, **smyslové vnímání podnětu** (percepce), obvykle prostřednictvím zraku a sluchu.<sup>120</sup>

Vnímání je soubor poznávacích procesů, jejichž prostřednictvím organizujeme informace z prostředí a současně jim dodáváme smysl (Sternberg, 2009).

Naivní realismus vychází z myšlenky, že vnímání nám dodává věrný odraz objektivní skutečnosti. Realitu však zcela jistě nevnímáme s jejími specifickými fyzikálními vlastnostmi, ale vytváříme si vlastní mentální reprezentaci reality. Příkladem jsou barvy, které nevnímáme jako elektromagnetické vlnění, ale máme dojem vnímání zelené, červené nebo žluté barvy (Feldman et al., 1994).

Charakteristickou vlastností percepce je její stálost (*perceptual constancy*) vyznačující se ustáleným vnímáním zevních objektů.

Metaforicky lze vnímání přirovnat spíše k pankratickému objektivu (*zoom*), než k fotoaparátu. Lidské mozky „nefotografují“ zevní svět, ale vytvářejí jeho neuronální reprezentace (Koukolík, 2014, s. 36).

Podle gestaltických principů seskupujeme objekty do kategorií a skupin, doplňujeme tvary a obrazce, vidíme nejjednodušší možné tvary a vnímáme jejich smysluplnost v určité perspektivě. Organizace percepčního pole se vyskytuje jako univerzální tendence k seskupování částí do celků a tvarů. Příkladem může být čtení slov, která mají přeházená písmena, a přesto je vnímáme jako smysluplná slova.

Vstupní informace získáváme prostřednictvím analyzátorů a receptorů, následně dochází k jejich transformaci do neuronální aktivity.

Základní teoretické perspektivy vnímání lze rozlišovat podle postupu a směru informačních procesů.<sup>121</sup> Teorie zdola nahoru (*bottom-up*) neboli přímá percepce tvrdí, že podnět je nejprve vnímán na fyzikální úrovni v sensorickém vstupu, a poté je zpracováván směrem k vyšším kognitivním procesům. Teorie shora dolů

---

<sup>120</sup> Paivio (1969); Hartl (1999); Eysenck a Keane (2008).

<sup>121</sup> Eysenck & Keane (2008); Sternberg (2009).

(*Top-down processing*) vysvětluje konstruktivní proces sestupného zpracování percepce (a pozornosti) směrem od vyšších kognitivních procesů k percepci. Je zde patrný vliv kognice subjektu a jeho očekávání na základě předchozí zkušenosti.

Percepční zpracování zdola nahoru závisí na extrahování informací přímo ze smyslového signálu, zatímco zpracování informací shora dolů využívá uložené informace k predikci a doplnění vnímané události nebo sdělení (Pinker, 2009).

Zpracování informací se uskutečňuje současně v obou směrech (Neisser, 2014). Syntéza obou teoretických modelů zakládá hypotézu, že kognitivní procesy postupují jak zdola nahoru, tak shora dolů, tedy od percepčních procesů směrem k vyšším kognitivním procesům a opačně, kdy uložené informace v dlouhodobé paměti participují na kódování nových vstupních informací z vnějšího prostředí.

Předpokládá se, že vnímání je ovlivněno filtrem, který určuje sadu zpracovávaných jednotlivostí, přičemž zbytek vnímané reality „dotváří“ kognitivní systémy mozku. Vnější svět podle tohoto předpokladu „odrážíme“ pouze na úrovni jednotlivých elementů. Donald Broadbent (2013) v roce 1958 navrhl model selektivního filtru (*selective filter*), který informace filtruje bezprostředně poté, co je zaznamená, a může tak oddělovat žádoucí informace od těch nežádoucích. Informační kanál interaguje s dlouhodobou pamětí, což znamená, že se na kódování nových informací podílí předchozí učení. Percepční zpracování nové informace se podle této hypotézy může uskutečňovat v obousměrných procesech: percepce – pozornost – pracovní paměť – dlouhodobá paměť. Po uvedení teorie selektivního filtru následovaly další teoretické modely pozornosti, které představu selekce původní teorie filtru nahradily.

Podle teorie oslabující filtrace (Treisman, 1960) není počáteční selekce úplná a filtr působí spíše oslabováním odlišných podnětů, než jsou podněty cílové. Z teorie vyplývá, že je počáteční paralelní zpracování následováno pomalejším sériovým zpracováním vedoucím k vytváření objektů.

Alternativní teorie ranou selekci nahradily pozdní selekcí informací. K selekci může docházet v různých stádiích zpracování informací. Podle některých vědců ve prospěch brzké selekce hovoří většina důkazů (Eysenck & Keane, 2008).

**Pozornost** je zvláštním druhem zpracování informací, při kterém dochází ke kognitivnímu propojení mezi informacemi přicházejícími z prostředí, smyslovým vnímáním, pamětí a dalšími kognitivními funkcemi. Předpokládá se, že pozornost řídí výběr informací přístupných vědomí, čímž zabraňuje zahlcení kognitivního systému příliš velkým objemem informací. Někteří vědci mají za to, že pozornost zahrnuje všechny informace, s nimiž jedinec manipuluje, avšak vědomí je přístupný výrazně užší rozsah informací. Vědomá pozornost nám umožňuje sledovat interakce s prostředím, spojovat minulost s přítomností, řídit a plánovat naši činnost. Vlastností pozornosti je selektivita, distribuce, kapacita, koncentrace a stabilita.<sup>122</sup>

Pozornost v klasickém třídění rozlišujeme na bezděčnou čili automatickou pozornost, (například orientační pátrací reflex podle ruské reflexní školy), a zaměřenou pozornost (také orientovaná či kontrolovaná pozornost).<sup>123</sup>

Automatické procesy jsou rychlé a nevědomé, zatímco kontrolované procesy jsou pomalé a vědomé (Kahneman, 2012; Mlodinow, 2013).

Kontrolované zpracování (sebekontrola) postupuje zdola nahoru, zatímco autoregulace směřuje shora dolů (Sternberg, 2009).

Pozornost je značně limitovaná automatickým zpracováním informací, které osciluje mezi kódováním a vybavením.

Podle Golemana (2014) je orientovaná pozornost klíčovým faktorem pro výkonné zpracovávání informací a synaptickou plasticitu, která je podkladem učení. Platí, že čím je systém zaměřené pozornosti výkonnější, tím lépe informace kódujeme a učení je efektivnější. Orientovaná pozornost je funkční systém mozku a jedním z podkladů učení.<sup>124</sup>

Diskutovanou problematikou související s učením a pozorností je multitasking neboli současné vykonávání více činností a aktivit. Kognitivní vědci na problém

---

<sup>122</sup> Přehled Sternberg (2009, s. 89-130).

<sup>123</sup> Zaměřenou pozornost, sluchovou nebo zrakovou, zkoumá kognitivní psychologie v experimentech užívajících dvojdimenzionálních podnětů.

<sup>124</sup> Neuronálním podkladem orientované pozornosti je dvouramenný konektom sídlící v obou mozkových hemisférách, který má omezenou kapacitu a spolupracuje s pracovní pamětí. Vyžívá od doby před narozením, přes dospělost až do stáří (Koukolík, 2014b).

multitaskingu upozorňují zejména v souvislosti s poruchami koncentrace. Metaanalýza potvrdila předpovědi týkající se negativních účinků multitaskingu na kognitivní výsledky spojené s pozorností a pamětí (Jeong & Hwang, 2016).

Efektivní kódování informačních obsahů do dlouhodobé paměti vyžaduje, aby systém zaměřené pozornosti byl po dobu učení v maximální provozní aktivitě, kterou je možné účinně obnovovat.

Teorie obnovení pozornosti (*attention restoration theory*) má za to, že pro obnovení funkce zaměřené pozornosti je výhodné vyhledávat evolučně přirozené přírodní prostředí. V důmyslně designovaném experimentu vědci porovnávali kognitivní funkce dvou skupin pokusných osob, které se před učením orientovaným na zaměřenou pozornost (učení řady čísel a jejich zopakování v opačném pořadí) pohybovaly buď v klidném přírodním prostředí, nebo v ulicích rušného města. Studie ukázala, že pokusné osoby, které se před učením pohybovaly v přírodním prostředí, měli o dvacet procent lepší výkony, než pokusné osoby, které se před učením procházely městem. Totožný rozdíl ve výkonech obou skupin se projevil rovněž po jednom týdnu (Berman et al., 2008).

Teorie naznačuje, že podněty vyskytující se v přirozeném přírodním prostředí nevyžadují zvýšenou pozornost, ale naopak pomáhají k její obnově, zatímco zvýšená pozornost před nástrahami městských ulic kognitivní funkce oslabuje.

Studie byla opakována v odlišném přírodním prostředí, ve kterém bylo dosaženo podobných výsledků (Newport, 2016). Pobyť v evolučně přirozeném prostředí pomáhá obnovovat funkci zaměřené pozornosti a může mít komplexnější pozitivní účinek na lidskou mysl a procesy zpracování informací.

Shrnuto kognitivní proces učení je zahájen percepcí a pozorností. Percepci vysvětluje teorie shora dolů, podle které je vnímání konstruováno předchozím učením. Opačný směr zpracování metaforicky popisuje teorie zdola nahoru, podle které je přímá percepce zcela nezávislá na předchozím učením. Třetí model teoreticky slučuje oba přístupy. Percepční zpracování informací probíhá obousměrně a procesy vnímání se uskutečňují v interakci s paměťovými obsahy a předchozí zkušeností. Uložené informace v dlouhodobé paměti ovlivňují kódování nových informací.

Efektivita učení silně závisí na faktoru zaměřené pozornosti. Zaměřená pozornost je klíčovou složkou procesu kódování. Multitasking poškozuje schopnost koncentrace, provádění více činností najednou tříští pozornost. Podle teorie obnovení pozornosti funkci koncentrace a zaměřené pozornosti obnovíme lépe pobytem v klidném přírodním prostředí než v rušném městě.

## KÓDOVÁNÍ

V základním kognitivním modelu učení je ústředním procesem kódování (*encoding*). Pojem kódování, inspirován teorií kódování v informatice, znamená proces převádění jedné formy informace do jiné formy záznamu. V kognitivní teorii učení představuje kódování proces zpracování informací přicházejících z vnějšího prostředí a jejich ukládání do fyziologické formy pro účely pozdějšího vybavení.

Podle Pribrama (1974) je možné si představit kódování jako biologické procesy, které rozdělují informaci v mozku a dekódování jako proces, který umožňuje využití takto rozdělené informace ve smyslu její transformace. Dekódování znamená opětovné získání uložené informace, což je pouze jiný termín pro kognitivní proces vybavování v základním modelu.

Kódování je proces skládání různých oddělených paměťových atributů, časových, prostorových, frekvenčních, modálních, ortografických, verbálních a neverbálních asociací, do jednoho celku (Underwood, 1969).

Specificky aferentním procesem je sémantické kódování zahrnující převádění sensorických informací do smysluplných reprezentací na základě porozumění významu slov. Teorie pracovní paměti říká, že sémantické kódování do pracovní paměti je akustické (fonologická smyčka), jazyk ovlivňuje způsob kódování, ukládání a vybavování z paměti.<sup>125</sup>

Na kódování informací se podílí předchozí uložená zkušenost, což znamená, že kódování je obousměrný proces.<sup>126</sup>

Výsledkem kódování je reprezentace uložená v dlouhodobé paměti.<sup>127</sup>

---

<sup>125</sup> Baddeley (1999); Sternberg (2009); Amici et al. (2019).

<sup>126</sup> Broadbent (2013); Neisser (2014).

Z didaktického hlediska považujeme za klíčové teorie kódování: teorie duálního kódování, teorie úrovní zpracování, teorie specifičnosti kódování, teorie vhodného transferu a teorie rozlišitelnosti ve zpracování.

### **Teorie duálního kódování**

Kódování v základním kognitivním modelu může být rozlišováno dvojitým způsobem, jako verbální a neverbální kódování. Představa, že informaci kódujeme jak verbálně čili slovně, tak neverbálně, obrazotvorností neboli vizualizací (*imagery*), je stará více než 2 500 let, vychází z tradice učení pomocí zobrazování předmětů a znalostí v mysli.<sup>128</sup>

V Analytické didaktice Komenský (1646; 1946) generalizoval princip zobrazování a názornosti jako základní mechanismus tvorby znalostí:

*„Míti znalost má svůj původ v zobrazování, ... Kdykoli totiž smyslem vnímám nějakou věc, vtiskuje se mi její obraz do mozku; ... Nic neznáme bez původního obrazu; ... Nic neznáme leč zobrazováním.“*

V sedmdesátých letech minulého století Allan Paivio (1925-2016) předložil hypotézu o dvojitým kódování. Paivio (1969) si všiml, že kódování verbálních symbolických procesů a neverbálního zobrazování má ve vztahu k asociativnímu učení odlišnou efektivitu. V rámci svých experimentů operativně rozlišil dva hypotetické procesy podle stimulačních atributů, které diferencoval na asociativní složky (mediátory) a paměťové kódy ve formě prezentovaných slov a obrazů. Studie ukázala, že vyšší skóre vybavování v sériovém uspořádání, tedy podle pořadí položek, bylo vyšší v případě prezentovaných slov, ale v případě volného vybavování bylo efektivnější kódování prostřednictvím prezentovaných obrázků.

Na základě šetření a komplementárního výzkumu Paivio navrhl teorii duálního kódování (*dual coding theory*). Paivioho teorie vzbudila zájem o výzkum kódování prostřednictvím vizualizace podnětů, který trvá doposud. Základní hypotéza duální teorie říká, že pro reprezentaci a zpracování informací

---

<sup>127</sup> Sedláková (2004); Sternberg (2009).

<sup>128</sup> Přehled Thomas (2014).



existují dva různé vzájemně interagující systémy, kódující informace verbálně (slova) a neverbálně (představy). Podle této hypotézy by verbální informace mohly být zpracovány odlišným způsobem, než informace vycházející z vizualizovaných předloh nebo představ.

Paivio postuloval dva symbolické systémy, které se podílí na kódování, strukturaci čili řazení, retenci a vybavování různých druhů informací v rámci odlišných asociativních struktur. Neverbální systém zpracovává v asociativní struktuře neverbální podněty, jeho základní reprezentační jednotkou je *imagen*, výstupem je neverbální odpověď. Verbální systém zpracovává v odlišné asociativní struktuře verbální podněty (jazykové informace), základní reprezentační jednotkou je *logogen*, výstupem je verbální odpověď. Předpokládáné, avšak stěží analyzovatelné, reprezentační jednotky (*logogen*, *imagen*) jsou podřízené senzomotorické modalitě. Paivio považoval problém mentální reprezentace za jeden z nejkomplicovanějších problémů výzkumu kódování.

Laboratorní nálezy z variabilně uspořádaných experimentů způsobují jisté kontroverze a dohady o systémech dvou procesů kódování (Thomas, 2014). Kognitivní neurověda dokládá existenci dvou odlišných systémů zpracování informací, což by mohlo naznačovat platnost hypotézy duálního kódování.<sup>129</sup>

Model duálního kódování byl kriticky hodnocen pro absenci rozlišování na úrovni slovního vymezení mezi skladbou konkrétních a abstraktních pojmů. Konkrétní jsou slova založená na konkrétních pojmech a představách, mají tedy verbální i obrazový kód, zatímco abstrakta mají pouze verbální kód (Chalupa, 2007).

Anderson a Bower (1974) předložili alternativní model v podobě propoziční teorie (*propositional theory*), podle které jsou znalosti a mentální reprezentace uloženy jako propozice (výroky), nikoliv obrazy. Autoři propoziční teorie navrhli model paměti (*Human Associative Memory*), který je založen na výrokových reprezentacích, kde uzly asociací a vazby mezi nimi představují myšlenky a jejich vztahy. Představy a slova nejsou reprezentace tvořené percepčními znaky, ale reprezentace jako nosiče významu v abstraktní výrokové formě.

---

<sup>129</sup> Brown & Craik (2000); Sedláková (2004); Eysenck & Keane (2008, 320-327); Sternberg (2009).

Teorie duálního kódování poskytla jisté doklady pro didaktické užití efektu vizualizace v návaznosti na dlouhou tradici této mnemonické techniky. Platí, že verbální a současně neverbální vystavení reprezentace podnětu je účinnější, než pouze verbální vystavení. Paivho teorie je aplikována v různých oblastech vzdělávání, kde má dvojí kódování potenciál zvyšovat efektivitu učení, v androdidaktice nevyjímaje. Vývoj a dostupnost informačních technologií v souvislosti s hypotézou dvojího kódování implikuje rozšiřující se perspektivu možnosti kreativního zvyšování kvality výuky a účinků učení.

### **Teorie úrovní zpracování**

Alternativní teorii, zjevně odlišnou od modelu Atkinsona a Shiffrina (1968), navrhli v roce 1972 vědci Craik a Lockhart. Podle teorie úrovní zpracování (*levels of processing framework*) uchování informací v dlouhodobé paměti závisí na formě sensorických vstupů a hloubce jejich zpracování v procesu kódování. V modelu jsou rozměry paměti dány hloubkou kódování, lze si je zjednodušeně představit jako kontinuum různých úrovní zpracování, v jejichž rámci se uskutečňuje vizuální, akustické nebo sémantické kódování (Craik & Lockhart, 1972).<sup>130</sup>

Hloubku kódování (*depth*) definovali Craik a Watkins (1973) jako smysluplnou informaci generovanou zpracováním různých podnětů a pro vymezení kontinua úrovní zpracování autoři teorie rozlišili dva typy učení.

Prvním typem je udržovací opakování (*maintenance rehearsal*) čili mechanické učení prostým opakováním, známé jako biflování<sup>131</sup>, druhým typem je elaborativní opakování (*elaborative rehearsal*), obnášející hlubší sémantické zpracování podnětu. Podle autorů teorie úrovní zpracování je lépe uchován učební materiál v dlouhodobé paměti prostřednictvím elaborativního opakování než udržovacího opakování.<sup>132</sup>

---

<sup>130</sup> Baddeley (1978; 1999) uvádí, že teorie úrovní zpracování byla omylem pokládána za model jednotného systému paměti. Model je orientován specificky na výzkum dlouhodobé paměti.

<sup>131</sup> Etymologie slova *biflovat* pochází z německého *büffeln*, což lze přeložit: „dřít se jako buvol“.

<sup>132</sup> Komenský (1646; 1946): „Čím trvaleji chceš pamatovati nebo snadněji se rozpomínati, tím hlouběji vtiskni do paměti.“

Svého času byla široce akceptovaná hypotéza, že celková doba registrace položek v krátkodobé paměti přímo úměrně ovlivňuje jejich retenci v dlouhodobé paměti. Craik a Watkins (1973) se ve dvou experimentech zaměřili na vliv délky retence informací v krátkodobé paměti na vybavování z dlouhodobé paměti. Zjistili, že udržovací opakování v krátkodobé paměti během učení nevede k lepšímu výkonu zapamatování. Z experimentů plyne závěr, že podle délky času udržování položek v krátkodobé paměti nelze zvyšovat efektivitu uchování položek v dlouhodobé paměti a hypotéza účinnosti udržovacího opakování neplatí.

Naproti tomu je signifikantně účinnější proces učení **elaborativní zpracování** (*elaboration of processing*).

O účinnosti elaborativního zpracování na uložení informací do dlouhodobé paměti publikovali Craik a Tulving (1975) významnou studii nazvanou *Hloubka zpracování a uchování slov v epizodické paměti*. V sérii deseti experimentů předložili autoři studie pokusným osobám seznamy slov. V jednotlivých experimentech byly účastníkům pokládány otázky, které podle záměru oslovovaly různé odlišnou hloubku zpracování na fyzikální (ortografické a sensorické rysy písmen), akustické (zvukové kombinace tvořící rýmy) a sémantické (významy slov) úrovni.

Úroveň zpracování	Typická otázka	Ano	Ne
Strukturální	Je slovo napsáno velkými písmeny?	STŮL	stůl
Fonetické	Které slovo se rýmuje se slovem WEIGHT [weɪt]?	crate [kreit]	MARKET ['ma:kɪt]
Kategorické	Vyjadřuje slovo typ ryby?	ŽRALOK	nebe
Sémantické	Které slovo se hodí do věty: „Na ulici potkal _____“?	PŘÍTEL	mrak

Tab. 5: Typické otázky a odpovědi ve studii Craika a Tulvinga (1975)

Účastníci experimentu řešili zadání úlohy, ve kterém se rozhodovali o vhodném řazení slov do mezer ve větě, přičemž předložené věty byly různě koncipované podle zadání úrovně zpracování. „Mělké“ kódování bylo dosaženo předložením prostých vět například o psacím stroji, střední úrovně kódování bylo

dosaženo ve větách s rýmy. Hluboké kódování bylo vyvoláno tím, že otázka byla položena takovým způsobem, aby pokusné osoby musely rozhodnout, zdali se bude slovo hodit do uvedených významových kategorií či větných rámců. Po ukončení fáze kódování byl bez předchozího upozornění pokusným osobám předložen paměťový test pro užitá slova.

Na úrovni hloubky sémantické analýzy, bylo dosaženo nejvyššího skóre uchování slov v paměti. Studie přesvědčivě doložila, že elaborativní zpracování signifikantně ovlivňuje retenci kódovaných položek v dlouhodobé paměti.

Další výzkumy potvrdily účinnost elaborativního učení a hypotézu úrovní zpracování, podle které hloubka kódování poskytuje lepší učební výkony (Hyde & Jenkins, 1973; Parkin, 1979).

Dokladem teorie úrovní zpracování může být odlišná aktivita mozku měřená zobrazovacími metodami v průběhu kódování a vybavování. Gabrieli et al. (1996) prostřednictvím funkční magnetické rezonance doložil, že sémantické kódování má „hlubší úrovně zpracování“ v porovnání s percepčními procesy zpracování informací. Při řešení úloh se sémantickou úlohou byla vyšší neuronální aktivita v čelním laloku mozku, při percepčním kódování byla aktivita čelní kůry značně omezenější. Procesy pracovní paměti, podílející na sémantickém kódování, aktivují levou dolní prefrontální oblast mozku. Zobrazení mozku zkoumaných osob ukazuje změny v průběhu kódování i vybavování vzpomínek. Metaforicky řečeno hlubší změny funkce mozku jsou patrné v průběhu sémantického kódování.<sup>133</sup>

Podobné zjištění o úrovních zpracování konstatoval nezávisle na Craikovi a Lockhartovi o deset let dříve ruský badatel P. I. Zinčenko (1903– 1969), který měl za to, že lidé uchovávají a reprodukují slova v logické vazbě (například podle tvorby kategorií) snadněji než konkrétně spojená slova nebo slova bez zjevné vazby (Sternberg, 2009).

Craik a Lockhart (2008) publikovali studii, ve které porovnávali své výzkumy s prací Zinčenko. Autoři teorie úrovní zpracování uznali existenci podobností mezi

---

<sup>133</sup> Jestliže byla aktivace pro sémantické kódování opakujících se slov snížena, jednalo se zřejmě o implicitní načítání paměti získané v původním sémantickém kódování slov (priming).

oběma koncepty, které nezávisle na sobě vycházejí z myšlenkové tradice, podle níž je paměť formací integrativních asociací mezi novými a existujícími znalostmi.

Eysenck (1978; 1978) uznal důležitost směřování teorie úrovní zpracování k elaborativním procesům zpracování informací (elaborativní učení), ale také upozornil na problém absence stanovených vhodných kritérií pro indexování hloubky jako úrovně zpracování.<sup>134</sup> Baddeley (1978) v diskusi zmínil, nejsou identifikované úrovně v oblastech fonetického a sémantického kódování, navíc teorie neříká nic o tom, jakým způsobem je možné měřit další principy elaborace. Jestliže tedy není stanovena objektivní míra, není ani možné výkony úrovní zpracování spolehlivě měřit a teorii ověřovat. Eysenck (1978; in Eysenck & Keane, 2008) upozornil, že závěry studie jsou argumentací kruhem, když v testech zapamatování použijí jako měřítko úrovně zpracování samotný výkon zapamatování a následně vysvětlují rozdíly ve výkonech předpokládanou úrovní zpracování. Podle Eysencka (1978) je však někdy přikládán nepřiměřený význam měřitelnosti teorií, které vytvářejí předpovědi a jsou důsledně testovatelné, přestože jsou předpovědi zcela triviální. Jako příklad uvádí publikování *Principie* Isaaca Newtona.<sup>135</sup>

Craik a Lockhart (1972) tvrdili, že navrhli spíše rámec pro studium učení a paměti než exaktní testovatelnou teorii, uvedli, že považují pochopení problematiky za vhodný koncept pro další výzkumný směr.

Teorie úrovní zpracování byla navržena za účelem vysvětlení výkonů ve standardních paměťových testech odpovídajících explicitnímu učení. Fáze kódování, která je základním procesem učení a zapamatování, je rozlišována podle různé hloubky zpracování. Patrné rozdíly ve zpracování podnětů jsou spíše kvalitativního než kvantitativního charakteru.

---

<sup>134</sup> Craik a Lockhart (1972) uvedli, že retentivita neboli udržitelnost paměťové stopy je funkcí hloubky zpracování.

<sup>135</sup> Slavný spis Isaaca Newtona *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (Matematické principy přírodní filozofie) se významně podílel na základech moderní empirické vědy. Přestože Newton nemohl teoreticky vysvětlit pohyb měsíce, byla jeho teorie ve své době široce přijímána.

## Teorie specifity kódování

V roce 1973 Tulving a Thomson publikovali studii o zvláštní dynamice paměťových procesů a korelačním vztahu mezi kódováním a vybavováním. Podle teorie specifity kódování (*encoding specificity principle*) ovlivňuje proces kódování kontext, ve kterém se kódování informace uskutečňuje. Cílová paměťová položka obsahuje jak kódovanou informaci, tak informaci o kontextu, ve kterém se kódování uskutečnilo. Kontextuální informace je současně s cílovou položkou kódována v epizodické paměti, kde tvoří unikátní integrovanou paměťovou stopu, a zároveň slouží jako nápověda (*retrieval cue*), pomocí které může být vybavování dosaženo.

Wiseman a Tulving (1976; In Eysenck & Keane, 2008) vysvětlují princip specifity kódování následovně: *„Položka, kterou si máme zapamatovat, je kódována ve vztahu ke kontextu, v němž je studována, což vytvoří unikátní paměťovou stopu, která obsahuje jak informace o cílové položce, tak o kontextu. Abychom si tuto položku později vybavili, musí být informace o nápovědách přibližně ve shodě s těmi, které jsou uloženy v paměťové stopě o položce v kontextu.“*

Tulving a Thomson (1973) přibližují sémantické kódování lexikálních jednotek a položek na homografu pojmu „violet“ (fialový nebo fialka). Jestliže je slovo „VIOLET“ kódováno a uloženo do paměti jako název barvy, není snadné slovo vybavit v kategorii květiny nebo dívčí jména. Nápověda „table“ naopak ulehčuje vybavení cílové položky „CHAIR“, jestliže původní kódování slova „CHAIR“ obsahuje druh významové informace, definující vztah mezi dvěma objekty patřící do stejné konceptuální kategorie.

Tulving později reformuloval princip specifity kódování a předložil důkazy o monotónně rostoucí funkci úspěšného vybavení, kde rostoucí křivka pravděpodobnosti vybavení závisí na podobnosti mezi informací v paměti a informací přítomnou v době vybavování. Zapomínání či neschopnost vybavení má klesající funkci, jestliže roste shoda mezi podmínkami v průběhu kódování a podmínkami v době reprodukce a vybavování.

Kritické námitky zpochybňují univerzalitu principu specifity kódování z důvodu problému testovatelnosti hypotézy a definicí *petitio principii*, která předpokládá jevy, jež by měla dokazovat. Kritické názory na extrapolaci principu specifity kódování se soustředí na nedostatečnou evidenci dokladů.

Nairne (2002) se domnívá, že spíše než o doklady příčinné souvislosti se jedná o pozitivní korelace mezi kódováním a uchováním. Jestliže existují výjimky, například existence principu vhodného transferu<sup>136</sup>, je třeba naleznout další kritéria pro konfigurování retence a definovat absolutní úrovně podobnosti mezi nápovědou a cílovým materiálem.

Funkční kódování založené na shodách při zpracování musí mít plausibilní vysvětlení na úrovni paměťových jevů. Jestliže kauzální funkce monotonicky souvisí s retencí, je pravděpodobné, že existuje více kritických faktorů. Vztah mezi nápovědou a cílovou položkou se pro funkční učení jeví jako podmínka nutná, nikoli postačující. V praktické úrovni jsou hodnoty kódování vyhledávacím nástrojem a přístupovým kódem k uloženým informacím. Přestože v teorii principu specifity kódování existují nedostatky, lze tento funkční mechanismus považovat za užitečný pro didaktické využití.

### **Teorie vhodného transferu**

Teoretický model úrovně zpracování byl kriticky zhodnocen a konfrontován s hypotézou vhodného transferu. Podle teorie vhodného transferu (*transfer appropriate processing, TAP*) existuje vztah mezi primárním kódováním a tím, jak budou informace později vybavovány. Vybavení je efektivnější tím víc, čím se více shoduje s procesy kódování.

Morris, Bransford a Franks (1977) ve třech experimentech manipulovali s různými úrovněmi zpracování způsobem, že nechali pokusné osoby, aby se učily seznamy slov, se kterými dále operovaly v zadání sémantické úlohy nebo prostřednictvím nesémantické úlohy zahrnující rýmování slov. Následně byla oběma skupinám prezentována slova, která se v seznamu vyskytovala, a která v seznamu

---

<sup>136</sup> Morris, Bransford a Franks (1977).

uvedena nebyla, a to jak ve standardním rekogničním testu, tak ve specifické úloze zahrnující rýmování rozpoznávaných položek. Ve standardním rekogničním testu si významně lépe vedla skupina pokusných osob, která kodovala slova v sémantickém uspořádání zadání. Ukázalo se, že sémantické kódování bylo efektivnější než zpracování na základě rýmování informačních položek. Jestliže však byl předložen rýmovací test, výsledek byl opačný. Existuje tedy závislost výkonu učení na podobnosti zpracování v průběhu kódování a zpracování v průběhu rozpoznávání v rámci testování. Strategie sémantického kódování nemá vyšší účinnost vždy a za všech okolností.

Podle Sternberga (2009) není ani tak důležité pořadí úrovní kódování, jako souvztažnost mezi druhem kódování a druhem zadání, jehož řešení je vyžadováno. Položky jsou v rekogničním testu vybavovány na základě vztahu k formě testování.

Transfer souvisí s otázkou kognitivní reprezentace znalosti. V průběhu učení mohou vést předchozí zkušenosti k alternativním latentním reprezentacím získaných poznatků. Získané reprezentace poznatků nemusí být stejně užitečné. Transfer při postupném provádění dvou úkolů obsahuje pozitivní vliv (projev facilitace) nebo vliv negativní (inhibiční projev). Jestliže provádíme po sobě dvě totožné nebo podobné činnosti, u druhé z nich dochází k jejímu usnadnění (Chalupa, 2007).

Učení usnadňuje transfer reprezentace na celou řadu nových situací.

Koedinger a Roll (2012) mají za to, že učení na úrovni vyšších mentálních operací se uskutečňuje v částech, a tyto části (znalostní složky) jsou základem mechanistického vysvětlení učení transferu. Symbolické jazyky přitom působí jako agenti transferu učení na abstraktní znalostní složky, které mohou vést k větší efektivitě myšlení v rozšířené distribuci na další řady situací.

### **Rozlišitelnost ve zpracování**

Eysenck navrhl faktor kódování určující rozlišitelnost ve zpracování informace (*distinctiveness of processing*).<sup>137</sup> Podle Eysenckovy hypotézy jsou výjimečné

---

<sup>137</sup> Eysenck (1979; In Eysenck & Keane, 2008); Eysenck & Eysenck (1980).



nebo dobře odlišitelné paměťové stopy snadněji vybavovány než ty, které připomínají jiné paměťové stopy. Retenční rozdíly mezi sémantickým a fonetickým kódováním jsou tedy částečně důsledkem rozlišovací kompetence.

Eysenck ověřoval hypotézu ve dvou experimentech, ve kterých navrhl matici seznamů slov s podmínkami jejich rozdělení na nesémantické nerozlišující, nesémantické rozlišující, sémantické nerozlišující a sémantické rozlišující. V zadání se vyskytovala slova s nepravidelnou výslovností, která splňovala nesémantickou, ale rozlišující podmínku. Slova s rozlišující podmínkou zanechávala jedinečnou paměťovou stopu a byla mnohem častěji rozpoznávána než slova s nesémantickou nerozlišující podmínkou. Výkon v rekogničním testu dociloval téměř úrovně zpracování v sémantických podmínkách, což potvrdilo hypotézu významnosti faktoru rozlišitelnosti.

Lockhart a Craik (1978) na Eysenckovu studii a kritiku, zejména problému cirkularity v definici hloubky, reagovali pokusem o rozlišení mezi kvalitativními a kvantitativními rozdíly v kódování, a vztahem mezi pojmy hloubky, síly a zpracování. Navzdory slabým stránkám koncepce argumentovali značnou heuristickou hodnotou modelu. Na základě kritické reflexe později předložili retrospektivní zhodnocení původního modelu, ve kterém připouští oprávněnost kritických námitek, zejména autorů teorie vhodného transferu, a konstatují možnost sloučení obou teorií (Lockhart & Craik, 1990). Autoři teorie úrovní zpracování připustili, že se mýlili v problematice rychlého zapomínání při povrchovém zpracování. Původní hypotéza, že povrchové zpracování má vždy menší účinek než hloubkové zpracování, neplatí. Ne vždy je povrchové zpracování neúčinné, zaleží na okolnostech, například na vhodném transferu nebo rozlišitelnosti ve zpracování.

Od doby publikování původní teorie úrovní zpracování byly objeveny nové poznatky, které vyloučily sekvenční zpracování mezi povrchovou a hloubkovou (sémantickou) úrovní. Podle konekcionistického modelu je zpracování paralelní

a komplexní interakce oscilující mezi sestupným a vzestupným zpracováním, kde různé úrovně zpracování nemají ostré hranice.<sup>138</sup>

Teorie úrovní zpracování je v otázce kauzálních asociací kontroverzní, nicméně je obecně přijatelná a prakticky účinná (Nairne, 2002).

Původní výzkum Craika a Lockharta považujeme za významný s ohledem na didaktickou hodnotu rozpracování koncepce elaborativního učení.<sup>139</sup> Přestože lze považovat kritickou diskusi o teorii úrovní zpracování za oprávněnou, neboť explicitně nevysvětluje, proč je hloubkové zpracování tak efektivní, nepovažujeme tento problém z didaktického hlediska a aplikačního potenciálu za zásadní, jestliže model předpovídá očekávanou funkci.

Užitárně a pragmaticky viděno hypotéza úrovní a hloubky zpracování skýtá mnohé didaktické potenciality a široké spektrum možností, jak aplikovat model v praxi vzdělávání dospělých. Teorie úrovní zpracování je užitečným konstrukčním rámcem andragogické didaktiky a technologie učení dospělých.

Uvedli jsme, že podle teorie duálního kódování jsou obrázky snadněji zapamatovatelné než slova, měřeno výkonem v testech vybavování a rekognice. Uskutečňuje-li se kódování podvojně, má učení vyšší efektivitu, když prezentujeme důležité informace dvojitým způsobem. Teorie úrovní zpracování odhaluje rámec možností efektivního kódování, neboť s hloubkou zpracování roste pravděpodobnost vybavení. Princip specifity kódování akcentuje kontextuální informace jako nápovědy. Obnovení aspektů kódování během vybavování zvyšuje vybavení a rozpoznání. Jestliže jsou učební podmínky vhodné, ve smyslu shodné v některých aspektech s následným procesem vybavení, zvyšuje se pravděpodobnost úspěšnosti vybavení. Vybavení je účinnější, jestliže je proces rozpoznání v podobných podmínkách, jako proces kódování, přičemž může záviset na různých faktorech, například na rozlišitelnosti ve zpracování slov.

---

<sup>138</sup> Eysenck & Keane, 2008

<sup>139</sup> Srov. Baddeley (1999); Sternberg (2009, s. 192); Eysenck & Keane (2008, s. 205).

# UCHOVÁNÍ

Uchování (*retention*, také „retence“) je proces, při kterém jsou kódované informace „uskladněny“ ve smyslu zapamatování v centrální nervové soustavě. Uchování kódovaných informací se zkoumá v úlohách zatěžujících především dlouhodobou paměť, experimentálně se testuje a kvantifikuje podle množství uchovaného učebního materiálu, přesnosti identifikace a retence v časových intervalech. S procesem uchování (zapamatování) je neodmyslitelně spojen proces zapomínání.

## Teorie zapomínání

Zapomínání učebního materiálu je kritickou doménou učení závislou na mnoha faktorech. Jsou to předchozí znalosti, typ a forma učebního materiálu, motivace, orientovaná pozornost, kontextuální a fyziologické faktory, ale také nastavení parametrů retenčního ověřování, nebo předpokládaná doba, po kterou informace mají být uchovány.

Teorii zapomínání jako první navrhl Ebbinghaus (1885), jehož proslulá křivka zapomínání je ve vzdělávání dospělých adorovaná, přestože je jejím podkladem mechanistické učení bezesmyslných a bezkontextových slabik.

Ballard (1913) předložil kritickou studii dokládající reminiscenční teorii a zcela odlišně konceptualizoval problematiku zapomínání.

Empirický výzkum se později rozšířil o kognitivní paradigma zpracování informací. Kognitivní teorie učení extrapolují zapomínání jako paměťový proces s negativní funkcí, měřitelný podle schopnosti vybavování.

Tulving (1974) v rámci svého výzkumu o vlivu kontextu na výkony učení formuloval teorii zapomínání závislého na nápovědích, když rozlišil zapomínání závislé na paměťové stopě (*trace-dependent forgetting*) a zapomínání závislé na nápovědích (*cue-dependent forgetting*). Teoreticky vzato si v prvním případě není možné informaci vybavit z důvodu, že již není v paměti uložená, zatímco ve druhém

případě se informace v paměťovém skladu sice vyskytuje, ale nelze si ji v konkrétním čase vybavit.

Podle nové teorie zapomínání (Bjork & Bjork, 1992) mohou být informace jako vzpomínky uložené, a přestože se nevybavují ve chvíli, kdy bychom si je chtěli vybavit, stane se tak v době, kdybychom to ani nečekali. Diskutovanou otázkou je, zdali je neschopnost vybavení určité položky v daném čase signálem, že již položku k dispozici nemáme, nebo ji nemáme pouze v daném čase k dispozici, přičemž později může být vybavena.

Problém zapomínání je často v edukační praxi povrchně kvantifikován a zobecňován procentuálním vyjádřením zapomenutého učebního obsahu v určitém čase. Data, která nelze zpravidla generalizovat, vycházejí ze studií, které zjistili, že lidé zapomínají například: 40 % učebního obsahu po 20 minutách, 50-80 % po jednom dni, 77 % za šest dní nebo 90-98 % po jednom měsíci. Z analýzy, která přezkoumala 14 studií, 69 podmínek zapomínání u více než tisíce pokusných osob, vyplývá, že zapomínání má značně variabilní rozpětí. V rozmezí 1-2 dní je zapomenuto 0-73 % učiva, v rozmezí 2-8 let je zapomenuto 16-94 % učebního materiálu (Thalheimer, 2010).

Zdá se, že je problematické stanovit, kolik učiva, a v jakém čase, bude zapomenuto. Hledání pravidelností pro uchování a zapomínání informací naráží na značnou diferenciaci podmínek, obsahu a objemu učení.

### **Teorie interference**

V průběhu 20. století byl hlavní přístup ke konceptualizaci zapomínání zaměřen na teorii interference (*interference theory*), podle které mohou být uložené informace nebo budoucí informace narušeny aktuálním procesem kódování nových informací. Interference znamená, že obsah učení je uložen v dlouhodobé paměti, ale je nedostupný (nebo zapomenutý), a nelze ho z důvodu jiných konkurenčních paměťových procesů přesunout do pracovní paměti za účelem vybavení. Klasická teorie interference rozlišuje dva typy interferenčních efektů.<sup>140</sup>

---

<sup>140</sup> Přehled Hartl (1999); Baddeley (1999); Eysenck a Keane (2008); Sternberg (2009).

Retroaktivní interference (*retroactive inhibition, RI*) znamená, že interference probíhá zpětně čili zapomínání informací z předchozího učení je důsledkem zpracování nových informací. RI roste s objemem nového učiva, přičemž intenzity dosahuje, jestliže jsou paměťové stopy z předchozího učení méně výrazné ve smyslu povrchového kódování.

Výzkum retroaktivní interference se zaměřil na experimentální metody učení párových asociací, kde jeden prvek (slovo) asociuje prvek druhý, a podobné konkurující dvojice slov interferují předchozí naučené slovní spojení. Čím je první asociace silnější, tím odolnější vůči interferenci bude učení nové asociace.

Slamecka (1960) doložil přítomnost retroaktivní interference u pokusných osob (n=36) ve studii zaměřené na plynulé čtení prozaických textů. Počet přečtených jednotlivých pasáží upravené prózy zvyšoval pravděpodobnost zapamatování. Jestliže však byla přečtena v sérii jiná, zcela nová pasáž, projevila se RI na zapamatování předchozích pasáží.

Není zřejmé, jakým způsobem k RI dochází a není jisté, zdali je první učená asociace RI inhibována nebo jiným způsobem „zacloněna“ ve smyslu překrytí.

Underwood (1957) ze svých experimentů, zkoumajících učení bezesmyslných slabik, vysoudil, že příčinou zapomínání může být interference v opačném směru.

Proaktivní interference (*proactive inhibition, PI*) znamená rušení novějších obsahů učení vlivem aktivace obsahů starších. Jinak řečeno dříve zakódované informace přispívají k zapomínání nově zakódovaných informací a starší asociace převažujícím způsobem konkurují novějším asociacím. Jestliže proaktivní interference roste úměrně s časovou prodlevou mezi kódováním a vybavováním, s rostoucím počtem naučených položek roste pravděpodobnost zapomínání posledních naučených položek.

Proaktivní interference nastává, když předchozí naučená látka negativně ovlivňuje následné učení, zatímco retroaktivní interference znamená, že pozdější učení negativně ovlivňuje dříve naučenou látku (Eysenck & Keane, 2008).

Retroaktivní interference je považována za běžnější a současně problematičtější typ než interference proaktivní (Sternberg, 2009).

Teorie interference naznačuje, že znalosti jsou v kognitivních systémech navzájem prostoupeny a konsolidovány.

### **Teorie konsolidace paměti**

Teorie konsolidace paměti (*theories of memory consolidation*) vysvětlují uchování jako značně dynamický proces, který nelze časově vymezit či ohraničit jeho průběh. Konsolidace paměti znamená, že se nedávné kódované obsahy transformují do dlouhodobé paměti (zkušenosti), to znamená, že se integrují nové části (informace) do původní struktury (paměťové stopy). Na základě podnětu dochází k odpovídající reorganizaci v uložené reprezentaci, která pokračuje po dobu přítomnosti v kognitivním systému (Squire, 1986; Sternberg, 2009).

Konsolidace paměti probíhá ve fázích s dopřednou a zpětnovazební regulací.

Konsolidace paměti je fyziologický proces závislý na proteosyntéze a transkripci genů v rámci příslušných oblastí mozku, zahrnující strukturální a chemické změny v nervovém systému. Model dialogu mezi hipokampem a mozkovou kůrou (*model of the hippocampal–neocortical dialogue*) stanovuje hypotézu, že konsolidace, respektive rekonsolidace, paměti trvá nejistou dobu po kódování nové zkušenosti.

Termín rekonsolidace má v neurovědách a kognitivní psychologii různé použití. V neurovědách rekonsolidace znamená znovuložení informace v modifikované formě engramu do příslušných oblastí mozku, zatímco v kognitivní psychologii představuje teoretický proces, kdy informace vyvolané z paměti přecházejí do labilního stavu, ve kterém mohou být v průběhu času modifikovány a zpět uloženy do dlouhodobé paměti.

Koncept rekonsolidace nabízí částečné vysvětlení, proč je volné vybavování natolik efektivní technikou učení. Zlepšení uchování informací prostřednictvím rekonsolidace nastává, jestliže je informace opětovně vybavena a uložena v sofistikovanější, konekcionisticky propojenější, a tím pádem dostupnější formě.

Experimenty poskytují důkazy pro zlepšování paměti prostřednictvím reaktivací paměti s emočním zpracováním, včetně kódování s negativní emoční

složkou (Finn & Roediger, 2011). Čím je námaha při vybavování větší, tím proces vybavování zvyšuje efektivitu učení, za předpokladu, že vynaložené úsilí vede k úspěchu, (Brown, Roediger & McDaniel, 2017).

Aktivita lidské paměti je ovlivňována vlastní funkcí opětovného získání informace z dlouhodobé paměti a následným uložením nové epizody do paměti. Epizody mohou ovlivnit reprezentaci nedávných, nekonsolidovaných vzpomínek remodelováním neuronálních sítí, které jsou podkladem původní reprezentace. Některé části počáteční reprezentace se mohou ztrácet, zatímco jiné části mohou být koherentnější a stabilnější. V tomto smyslu konsolidace znamená, že se uložené informace neustále reorganizují v interakci s obsahy nových informací. Engram se v čase strukturálně modifikuje. Mentální reprezentace jsou v průběhu několika hodin, ale i mnohem delšího času, reorganizovány a stabilizovány. Klinické studie doložily, že konsolidace paměti není automatický proces probíhající pouze v době učení (Squire, 1986).<sup>141</sup>

Dobrym příkladem konsolidace je proces implicitního učení procedurální znalosti. Procedurální znalost označuje nedeklarativní učení založené na zvládnutí sekvencí operací nějakého typu psychomotorické činnosti, neznamena tedy „vědět co“, ale „vědět jak“.

Výsledkem opakování akce je proces automatizace, v jehož průběhu se nově naučené obsahy stávají rutinní záležitost (Howard, 1998).

V konekcionistickém modelu kognitivních procesů jsou informace kódované do jednotek vytvářejících vzájemně propojenou síť, jejichž síla se zvyšuje, nebo klesá, v závislosti na praxi a cvičení. Výsledkem je určitá úroveň aktivace v síti, která určuje rychlost a pravděpodobnost vybavení (Anderson, 1983).

Tímto způsobem dochází ke konsolidaci operace, která je nadále vykonávána s minimální účastí pozornosti a pracovní paměti. Podle teorie automatizace (*instance theory of automatization*) se proces automatizace uskutečňuje skládáním jednotlivých

---

<sup>141</sup> Podle klinických studií pacientů s amnézií může trvat proces konsolidace informace až po dobu několika let (Squire, 1986).

specifických odpovědí na specifické podněty (Logan, 1988). Automatické druhy činností nevyžadují vědomou kontrolu. Při zpracování podnětu se ukládají paměťové stopy odděleně v epizodické paměti. Při dalším zpracování téhož podnětu jsou ukládána další data spojená s podnětem. S praxí roste úroveň učení a vybavování z paměti se automatizuje. Znalostní bázi zde tvoří samostatné reprezentace náležející jednotlivým expozicím učení. Zpracování je automatické, jestliže probíhá načítání uložených instancí po učení v konzistentním prostředí. Praxí se zvyšuje množství a rychlost načítání. Proces automatizace probíhá zrychlováním výkonu a zpřesňováním redukcí směru výkonu. S automatizací se pojí křivka postupného zpomalování, která ukazuje na rychlost výkonu v čase. Nejdříve křivka zlepšování výkonu roste strmě, od určité úrovně zlepšování klesá a nakonec jsou rozdíly v automatizaci „starých úkolů“ minimální. Dochází k automatizaci v rámci procedurální znalosti, kupříkladu řízení bicyklu nebo psaní na klávesnici deseti prsty (Logan, 1988).<sup>142</sup>

Neurovědecký výzkum konsolidace uvádí, že učení motorických dovedností uvádí do pohybu neuronální procesy, které se nadále vyvíjejí i po ukončení učení. Když po prvním zadání motorické činnosti bezprostředně následovalo další cvičení, konsolidace motorických dovedností byla narušena. Jestliže uplynula mezi jednotlivými cvičeními přestávka v rozsahu čtyř hodin, proces konsolidace narušen nebyl (Brashers-Krug et al., 1996). Teorie časového rozložení procesu konsolidace naznačuje, že intervaly mezi učitelskými jednotkami mohou mít zcela zásadní význam pro efektivní učení.

Zásadní modulační roli v procesu konsolidace paměti představuje pro většinu typů učení spánek (Churchlandová, 2016). Ze starších studií a jejich interpretací vyplývá, že proces konsolidace může mít vyšší intenzitu v průběhu některých fází spánku, které mají vliv na výstavbu nebo redukci nové neuronální struktury při konsolidaci paměťové stopy.<sup>143</sup>

---

<sup>142</sup> Jiným typem automatizace je habituace (popř. dishabituace) neboli přivyknání určitému podnětu se snižující se aktivitou pozornosti a aktivace nedeklarativní procedurální paměti.

<sup>143</sup> Srov. Baddeley (1999); Sternberg (2009, s. 216); Koukolík (2013, s. 166).



Informace kódované v hipokampech pokusných potkanů jsou během spánku reaktivované ve smyslu „zpětně přehrané“ jako součást předpokládaného konsolidačního procesu, a dále jsou informace postupně přeneseny do neuronálních sítí mozkové kůry (Wilson & McNaughton, 1994).

Současný výzkum, zabývající se funkcí spánku při zpracování deklarativní, prostorové, emoční nebo procedurální paměti, dokládá kritickou roli spánku pro učení (Ahuja et al., 2018).

Objevují se doklady o tom, že konsolidace paměti se uskutečňuje nejen v průběhu spánku, ale také v době bdělého odpočinku. Po vystavení úlohám asociativního kódování tváří a objektů, kdy pokusné osoby nespí, ale relaxují v laboratorním prostředí při tzv. „denním snění“, byla prokázána korelace aktivity předchozího kódování s následnou aktivitou hipokampu (Tambini, Ketz & Davachi, 2010).

Vědci naznačují, že asociační nápovědy vyvolávající neuronální aktivitu cílových obsahů během spánku (*targeted/cue memory reactivation*) mohou podpořit konsolidaci paměti. Přímých důkazů o takovém mechanismu je prozatím málo (Shanahan et al., 2018).

Hledání nástrojů pro konsolidaci a ukládání informací v dlouhodobé paměti je předmětem dalšího interdisciplinárního výzkumu (Berkers et al., 2018).

Nedávno publikovaná studie švýcarské skupiny vědců upozorňuje na perspektivu učení v průběhu spánku. Pokusné osoby byly schopny kódovat a konsolidovat nové sémantické asociace mezi přehrávanými německými slovy a jejich významy v umělém jazyku během hlubokého spánku, kdy jsou neurony v aktivním stavu (*Up-states*). Studie mění dosavadní hypotézy, podle kterých se během spánku přehrávají pouze informace kódované v bdělém stavu. Studie přitom dokládá, že kódování nových informací z vnějšího prostředí v průběhu spánku je možné (Züst et al., 2019). Výzkum endogenní modulace konsolidace paměti skýtá perspektivu koncepčních východisek pro teorii učení.

Uchování je proces, při kterém jsou kódované informace zapamatovány pro účely pozdějšího vybavení, přitom není zcela jasné, jaké informace, a na jak dlouho, mohou být uchovávány. Informace, které nemohou být v daném čase vybaveny, například v době testu, se později vybavit mohou. Zapomínání vysvětluje teorie interference, která říká, že uložené informace mohou být retroaktivně narušeny zpracováním nové informace nebo předchozí učení může proaktivně narušovat ukládání nových informací. Proces kódování a uchování předpokládá konsolidační procesy, které integrují nové informace do již uložených znalostí. Modulačním faktorem konsolidace paměti vysoké významnosti je spánek.

Uchování lze v podstatě zkoumat na úrovni procesu vybavování. Klasický přístup ke studiu paměti a učení spočívá v tom, že jsou pokusné osoby vystaveny učení seznamu podnětů a následně požádány o maximálně přesnou reprodukci obsahu prezentovaného seznamu, která indexuje úroveň vybavování.

## VYBAVOVÁNÍ

Obecný termín vybavování (*retrieval*) v kognitivní psychologii znamená zpětné získání informace, která je uchována v paměti. Odborná terminologie rozlišuje vybavování podle typů paměťových úloh. Běžné vybavování (*recall*) je kognitivní proces, který lze metaforicky popsat jako znovuoživení paměťové stopy neboli zpětné získání nějakého druhu reprezentace původně kódovaných informací z dlouhodobé paměti. Vybavení je v experimentálních modelech užíváno buď jako volné vybavení bez nápovědy (*free recall*), anebo vybavení s nápovědou, která usnadňuje vybavení uložených informací (*cued recall*). Další typ vybavování je rekognice (*recognition*) vyjadřující zpětné rozpoznání položky nebo jevu. Podkladem rekognice je buď pocit známosti, nebo kontext (Špok In: Eysenck & Keane, 2008).<sup>144</sup>

Vybavování je konstruktivní proces zatížený, podobně jako proces kódování, jistou mírou chybovosti. Kvalitativní a kvantitativní rozdíly jsou zřejmé podle obsahu učení a aktivace příslušného typu paměti. Patrné jsou rozdíly mezi

---

<sup>144</sup> Jiný typ pro vyjádření vybavování je vědomé vzpomínání (*conscious recollection*).

vybavováním z epizodické paměti a vybavováním naučených dvojic slov či jiných asociačních položek, což má své unikátní neurobiologické pozadí. Je možné, že vybavení informací z různého typu paměti předchází různá forma primárního kódování, což by mohlo také znamenat, že vybavení mohou aktivovat různé smyslové podněty.

Studium vybavení z krátkodobé paměti nemá z našeho pohledu příliš velké opodstatnění, byť některé studie tohoto typu mohly dříve ovlivnit teorii učení a praxi výuky. Příkladem je studie, ve které metodou volného vybavování z krátkodobé paměti bylo zjištěno, že aktuální přítomnost informací v paměti se postupně ztrácí, zatímco počáteční položky jsou stále vybavovány.

Vědci uskutečnili dva experimenty s volným vybavováním počtu 15 až 30 slov. Pokusným osobám byla předkládána jedna položka za sekundu. Volné vybavování bezprostředně po prezentaci ukázalo na dva vyskytující se efekty. Efekt novosti se vyskytuje, jestliže si pokusné osoby vybavovaly položky spíše na konci seznamu. Efekt prvenství se zase projevuje vyšší mírou vybavení položek spíše ze začátku seznamu (Glanzer & Cunitz, 1966).

Studie z poslední doby potvrzuje, že v testech pracovní paměti jsou podněty zařazené v seznamu učebních položek na začátku a na konci vybavovány lépe, než podněty nacházející se uprostřed seznamů (Amici et al., 2019).

Na základě výzkumu mechanického kódování a vybavování z krátkodobé paměti nelze pokládat efekt prvenství a efekt novosti za spolehlivý podpklad pro didaktická řešení a strategie kódování do dlouhodobé paměti. Proces vybavování z dlouhodobé paměti představuje zcela jiný rámec výzkumu, na který se v této práci zaměřujeme výhradně.

Endel Tulving v roce 1966 publikoval studii o vlivu opakovaného učení na volné vybavování, ve které zjistil, že pouhé opakované vystavení podnětu neznamena, že se podnět naučíme. Tulving nechal nejdříve pokusné osoby 6krát přečíst seznam 36 párů slov, aniž by jim sdělil, že se jedná o testování paměti. Když si pokusné osoby přečetly po šesté seznam spárovaných slov, dostaly nový seznam podstatných jmen, který se měli pokusit zapamatovat. Jedna skupina dostala

seznam se stejnými podstatnými jmény, jako měla v seznamu, který předtím 6krát přečetla, zatímco druhá skupina měla v seznamu slova odlišná. Učení bylo u obou skupin bez statisticky významného rozdílu.

Současné výzkumy potvrzují Tulvingovu hypotézu, že pouhé opětovné vystavení čtenému textu bezprostředně po prvním čtení lepší výsledky v učení nepřináší (Callender & McDaniel, 2009).

Navzdory této skutečnosti a přesvědčivosti dokladů o slabé účinnosti učení prostým opakováním je tato metoda učení zcela běžnou praxí. Současné průzkumy mezi vysokoškolskými studenty vypovídají, že opětovné čtení a opakování učiva je nejrozšířenější preferovanou metodou učení (Brown, Roediger & McDaniel, 2017).

Kladný výsledek procesu vybavení ovlivňuje řada faktorů souvisejících s formou zpracování informací v primárním kódování. Uvedli jsme již, že vybavení závisí na verbálním a vizuálním kódování, emočních složkách, sémantické úrovni a hloubce zpracování nebo specifitě kódování. Verbální a současně vizuální kódování zvyšuje pravděpodobnost vybavení. Lépe si vybavujeme smysluplný materiál, než bezsmyslné slabiky. Sofistikovanější paměťovou stopu lze v sémantické struktuře lépe vyhledávat a vybavovat, přičemž závisí na vhodném transferu a rozlišitelnosti ve zpracování. Vybavování ovlivňuje pocit známosti nebo vliv kontextu. Typickým příkladem je účinek klíčových slov v položených otázkách na vybavování při zkoušení nebo sebetestování. Jestliže jsou v procesu vybavování přítomné připodobňující informace jako indicie patrné z procesu kódování, zvyšuje se pravděpodobnost lepšího vybavení.

Zásadní vliv na vybavení má autoreferenční efekt a specifické afektivní složky kódování. V souvislosti s pamětí závislé na kontextu prostředí bylo již uvedeno, že přítomnost totožných nebo podobných informací v době kódování a vybavování ovlivňuje proces vybavení a výkony učení.

Experimentální výzkum zkoumal vliv informací vztahujících se k vlastní osobě na proces vybavování. Výzkum prokázal tendenci lépe si pamatovat informace s osobním obsahem, jako autoreferenční efekt (*self-reference effect*) projevující

se vysokou mírou reprodukce při volbě vlastního uspořádávání slov (Rogers, Kuiper & Kirker, 1977). Lépe kódujeme informace podle našeho systému organizace a vlastních vodítek, a navíc si lépe vybavujeme vlastní výroky, než výroky někoho jiného (*self-generation effect*). Autoreferenční efekt potvrzují další studie a experimenty. Sternberg (2009, s. 193) výstižně zhodnotil didaktický potenciál autoreferenčního efektu: „*Umíme bohatě a propracovaně kódovat informaci zasahující nás samé podstatně víc než informaci týkající se čehokoli jiného.*“

Vytvořením sémantické vazby mezi učebním materiálem a vlastním autobiografickým rámcem, například hodnotovým nebo emočním, lze zvyšovat schopnost vybavování.

Vliv paměti závislé na kontextu prostředí (*context-dependent memory*) na vybavování zkoumali v pozoruhodném experimentu Godden a Baddeley (1975). Pokusné osoby se učily seznamy slov buď na souši, nebo šest metrů pod vodou. Poté byly testovány opět v suchozemském prostředí nebo pod vodní hladinou. Jestliže se pokusné osoby učily seznamy slov na zemi, jejich vybavování na zemi bylo lepší než vybavování pod vodou, jestliže však kódovaly seznamy slov pod vodou, dosahovaly pod vodou lepšího volného vybavení. Uchování položek bylo v závislosti na prostředí kódování/vybavení efektivnější okolo 50 %, což naznačuje, že kontext prostředí může mít signifikantní vliv na proces vybavování.

Vědci později replikovali experiment, ve kterém pro změnu testovali vliv prostředí na rozpoznávání položek ze seznamu slov (rekogniční text). Vliv kontextu prostředí na rekognici nebyl v této studii doložen (Eysenck & Keane, 2008).

Výzkumy zaměřené na vizuální vybavování naznačují vyšší pravděpodobnost vybavení obrazů, které obsahují specifické afektivní složky s bizarním, trapným nebo vtipným charakterem, než s neutrálním obsahem (Briggs, Hawkins & Crovitz, 1970; Einstein & McDaniel, 1987). Vztah mezi emocemi a učením lze považovat za významný autodidaktický prvek, který může výrazným způsobem ovlivnit efektivitu vybavení, například tím, že kódování je spojeno s absurdní situační představou nebo hédonickým obrazem.

## Shrnutí kognitivních procesů učení

Kognitivní teorie extrapolují učení jako procesuální model zpracování informací zahrnující integrované procesy kódování, uchování a vybavování.

Procesu kódování bezprostředně předchází **smyslové vnímání podnětu**. Percepční mechanismy metaforicky postupují zdola nahoru a shora dolů, zpracování probíhá na základě přímé percepce, nebo je proces vnímání konstruktivní v sestupném zpracování, což znamená, že interaguje s uloženými záznamy v dlouhodobé paměti. Teoretické modely oba přístupy syntetizují. Vnímání ovlivňuje selektivní filtr, který vybírá informace bezprostředně v interakci s dlouhodobou pamětí, na kódování vstupních informací se podílí předchozí učení. Podle teorie oslabující filtrace je počáteční zpracování paralelní, následuje pomalejší sériové zpracování vedoucí k cílovým podnětům.

**Zaměřená pozornost** je klíčovou složkou explicitního učení, protože nám umožňuje vědomě sledovat interakce s prostředím a řídit kognitivní aktivitu. Vlastností pozornosti je selektivita, kapacita, koncentrace a stabilita. Zatímco bezděčná pozornost je automatický proces nevědomého zpracování, zaměřená pozornost je klíčovým faktorem vědomého kódování a jedním z podkladů učení. Automatické procesy jsou rychlé a nevědomé, kontrolované procesy jsou pomalé a vědomé. Čím je zaměřená pozornost výkonnější, tím lépe poznávací systém lidského mozku informace kóduje, a tím lépe se učí. Učení a zlepšování v různých dovednostech vyžaduje sestupné soustředění. Zaměřená pozornost věnovaná učení urychluje myšlenkové procesy a synaptickou plasticitu (Goleman, 2014). Klíčové je kódování informací na úrovni hloubky (Craik & Tulving, 1975). Newport (2016) považuje za hlubokou mentální práci pracovní činnost provozovanou ve stavu nerušeného soustředění, která poskytuje maximální využití kognitivního potenciálu. Zaměřenou pozornost poškozují současné vykonávání více aktivit, které vyžadují vědomou koncentraci. Jestliže chceme účinně kódovat informace pro účely pozdějšího vybavení, zatěžujeme systém zaměřené pozornosti.

**Kódování** je klíčovým bazálním procesem učení. V informatice kódování znamená převádění jedné formy informace do jiné formy záznamu.

V kognitivní teorii představuje kódování proces zpracování informací přicházejících z vnějšího prostředí, a jejich ukládání do fyziologické formy paměťové stopy a kognitivní reprezentace. Sémantické kódování znamená převádění sensorických informací do smysluplných reprezentací. Kritickou složkou kódování je přitom kontextuální obeznámenost (Bransford & Johnson, 1972).

Podle teorie duálního kódování (Paivio, 1969) je efektivní, jestliže spojíme verbální učení s vizualizací učebního obsahu. Didaktický princip názornosti zobrazováním akcentoval již J. A. Komenský. Dvojitý systém zpracování informací byl doložen, ale o existenci duálního kódování se vedou spory, nikoli o užitečnosti tohoto modelu. Dvojitý kódování zvyšuje efektivitu učení.

Teorie úrovní zpracování ( Craik & Lockhart, 1972) předpokládá kontinuum rozměrů paměti dané hloubkou kódování. Hloubkou je myšlena smysluplná informace, „mělkou“ úrovní zpracování je například udržovací opakování. Vyšší úrovně kódování lze dosáhnout elaborativním zpracováním. Čím hlubší je úroveň zpracování, tím více se zvyšuje pravděpodobnost vybavení. Tulving a Craik (1975) doložili, že elaborativní kódování na úrovni sémantické analýzy má vyšší účinnost než na úrovni rýmů a prostého čtení. Kognitivní neurověda dokládá, ale nevysvětluje, existenci hlubší úrovně zpracování z hlediska izomorfního vztahu mezi organizací mysli a lidského mozku.

Podle teorie specifity kódování (Tulving & Thomson, 1973) mají v procesu kódování zásadní vliv kontextuální informace (nápovědy), s jejichž pomocí je možné snadněji dosáhnout vybavení.

Teorie vhodného transferu (Morris, Bransford & Franks, 1977) konfrontuje model úrovní zpracování doložením vztahu mezi primárním kódováním a pozdějším vybavováním, které je účinnější, jestliže se proces rozpoznávání podobá formě a procesu kódování. Výkon učení podle této hypotézy závisí na podobnosti zpracování v průběhu kódování a vybavení.

Jiným faktorem kódování je rozlišitelnost ve zpracování informace (Eysenck, 1979), který je založený na různém výkonu učení podle různých podmínek

rozdílnosti obsah. Přes kontroverzi teoretického modelu úrovní zpracování má úrovnový model didaktický význam pro rozpracování strategie elaborativního učení.

Způsob, jímž informace kódujeme, ovlivňuje především jazyk, jakým hovoříme a uložené informace v dlouhodobé paměti.

**Uchování** neboli retence je proces „uskladnění“ informací ve smyslu zapamatování. Opačnou funkcí kognitivního systému je proces zapomínání.

Původní teorie zapomínání (Ebbinghaus, 1885) ověřovala vliv opakování na zapomínání, respektive uchování bezesmyslných slabik. Jinou představu o uchování obsahů paměti, známou jako efekt reminiscence, předložil Ballard (1913), jehož pasáže z vybrané poezie pokusným osobám rezonovaly v paměti ještě dlouho poté, co výzkum skončil.

Tulving (1974) rozlišil zapomínání závislé na paměťové stopě a zapomínání závislé na nápovědích. V prvním případě se informace v systému již nevyskytuje, zatímco v případě druhém je informace uložená, avšak nedostupná. Podle nové teorie zapomínání mohou být informace dlouhodobě dispozičně uloženy bez možnosti automatického vědomého vybavení. Otázka dlouhodobé retence informací je stále otevřená.

Podle teorie interference mohou být informace uloženy, ale nedostupné ve smyslu „překrytí“ konkurenčními procesy zpracování informací. Retroaktivní interference nastává, jestliže nové informace „překrývají“ původně uložené informace. Jestliže původně uložené informace „překrývají“ nově kódované informace, jedná se o proaktivní interferenci. Odolnost vůči interferenci lze získat prostřednictvím konsolidace paměti. Uchování a zapomínání zčásti vysvětluje teorie konsolidace paměti.

Teorie konsolidace paměti zřejmě v současnosti nejlépe vysvětluje průběh učení, jako dynamické, časově neohrazené, transformativní a rekonstrukční procesy v kognitivním systému lidského mozku. Koncept rekonsolidace v kognitivně-psychologickém pojetí vysvětluje účinnost praxe vybavování. Vybavení a následné uložení informace v rekonsolidovaném formátu s novými epizodickými složkami představuje rozšířenou stabilnější paměťovou stopu.



Více si zapamatujeme nové koncepce, když máme předběžné znalosti, které jsou rekonolidovány. Při implicitním učení procedurální znalosti dochází k automatizaci, to znamená, že na základě opakování akce se jednotlivé kroky stávají efektivnější, když se jednotlivé části procesu integrují do součástí a následného konsolidovaného celku. Zcela zásadní roli v procesu konsolidace paměti představuje spánek, zejména některého jeho fáze. Z hlediska teorie konsolidace mohou být časové mezery mezi učebními jednotkami pro řízení učení zcela klíčové.

**Vybavování** obecně představuje proces zpětného získání nebo rozpoznání informace z paměti. Experimentální modely rozlišují zpravidla volné vybavování bez nápovědy, vybavování s nápovědou nebo rozpoznávání. Vybavování je konstruktivní proces vyhledávání informačních položek v epizodické nebo sémantické paměti. Výzkum vybavení z krátkodobé paměti doložil existenci efektu prvenství a efektu novosti, nicméně tyto jevy nepovažujeme pro didaktické účely za významné a soustředíme naši pozornost především procesům vybavení z dlouhodobé paměti. Podle Tulvinga (1966) pouhé opakované vystavení učebního materiálu neznamena lepší učení, měřeno počtem vybavených párových slov. Přestože opakované výzkumy potvrdily, že opětovné čtení textu nepřináší lepší učení, je mechanické opakování učiva zřejmě nejrozšířenější preferovanou metodou.

Uvedli jsme, že vybavení ovlivňuje specifita kódování, vizuální a sémantické úrovně zpracování, jakožto vliv kontextu prostředí. Autoreferenční efekt znamená, že důležité a osobní pojmy jsou lépe zapamatovatelné než pojmy méně relevantní a z jiného hlediska. Specifické afektivní složky kódování mohou být funkčním nástrojem procesu vybavení. Studie zkoumající proces vybavování, jakožto experimenty zaměřené na kognitivní procesy učení, předkládáme v další kapitole, ve které se pokusíme identifikovat a navrhnout klíčové kognitivní strategie učení dospělých.

## 8. KOGNITIVNÍ STRATEGIE UČENÍ DOSPĚLÝCH

*„Zkoumejme, co může pomoci vtisknutí, aby bylo pevnější.*

J. A. Komenský (1646; 1946)

Kognitivní strategie učení akcentují poznávací procesy vyššího řádu a podmínky zpracování informací, které umožňují snadnější učení a lepší zapamatování (vybavení). Sebeřízené a motivované učení dospělých zahrnuje samostatně plánovanou autodidaktiku (srov. Knowles, 1984). Umění učit se je v současnosti postaveno na nové základy. Funkční strategie a techniky učení mohou poskytovat v rámci celoživotního učení užitečné benefity.

V této části práce vycházíme z bezprecedentní metaanalýzy zkoumající validní data o účinných metodách učení (techniky učení), kterou zpracoval výzkumný tým Dunlosky, Rawson, Marsh, Nathan a Willingham (2013). Vědci přezkoumali více než sedmset vědeckých článků a identifikovali deset nejrozšířenějších a nejznámějších technik učení. Ústředním cílem výzkumu bylo předložit doporučení pro vzdělavatele, spočívající v diferenciaci efektivních technik učení a za tímto účelem byly stanoveny podmínky:

- učební technika musí být funkční v různých podmínkách učení, například při skupinovém i sebeřízeném učení;
- technika musí pomáhat studujícím různého věku, s různými schopnostmi a předchozími znalostmi, přičemž replikace testování musela být uskutečněna jak v laboratoři, tak v učebnách nebo v jiném reálném prostředí;
- techniky by měly být funkční pro učení různého obsahu bez ohledu na formu testování výsledků učení;
- techniky vedou k lepšímu porozumění a uchování v dlouhodobé paměti.

Na základě těchto kritérií vědci nakonec doporučili dvě relevantní techniky učení s jednoznačnou účinností, tři další s jistými výhradami, a dvě techniky, paradoxně nejrozšířenější, byly označeny za nevyhovující ve smyslu účinnosti.

První dvě relevantní techniky, sebetestování a rozložené učení, jsou přesvědčivě přezkoumané způsoby, které signifikantně zlepšují procesy učení. Ostatní techniky, přestože se jeví jako účinné, nejsou zatím podloženy dostatečnou evidencí důkazů, to znamená, že mohou být, ale také nemusí, na základě dalších empirických důkazů považovány za validní pro andragogickou aplikaci.

Některé z technik, například elaborativní dotazování (*elaborative interrogation*), vlastní vysvětlování (*self-explanation*) a prokládané učení (*interleaved practice*), nebyly sice dostatečně ověřeny v kontextu reálné edukace, ukazují však na slibný potenciál, a mohou tedy být doporučeny pro použití v některých konkrétních situacích.

Podtrhávání či zvýrazňování v textu (*underlining*) a opětovné čtení (*rereading*) jsou velmi rozšířené, ne-li nejrozšířenější metody učení, za to jsou nejméně účinné.

Autoři studie upozorňují, že strategie učení nelze považovat za „všelék“, ale spíše za funkční nástroje pro motivované studenty (Rawson et al., 2013).

Kognitivní psychologové Putnam, Sungkhasettee a Roediger (2016) jsou aktivní ve svém oboru v rámci vysokoškolského vzdělávání. Na základě svých výzkumů a zkušeností mohou poskytovat rámcové didaktické návrhy, jak přistupovat ke studiu, zejména vysokoškolskému. Jedná se zpravidla o techniky seřizovaného učení, spočívající v řízení času, identifikaci neefektivních studijních strategií, a jejich nahrazení efektivními strategiemi založenými na výzkumu v laboratoři i učebně. Základní doporučení tkví v proměňování studijního prostředí, sebetestování a využívání aktivních strategií učení.

Empiricky ověřené funkční strategie učení považujeme za didaktický nástroj vzdělavatele dospělých a nedílnou součást technologie vzdělávání dospělých.

Kognitivní strategie učení dospělých zahrnuje tři účinné metody *Efekt testování*, *Rozložené učení* a *Elaborativní učení*, které dále analyzujeme, a předkládáme jako techniky učení, jež mohou být spolehlivě implementovány do technologického rámce učení dospělých na základě uvedeného kognitivního výzkumu učení.

## EFEKT TESTOVÁNÍ

Testování je tradiční formou evaluace poskytující zpětnou vazbu. Mimo to testování představuje techniku učení založenou na praxi volného vybavování, při kterém dochází k rekonstrukci paměťových záznamů a zpevnění uložených informací. Návik vybavování z paměti je funkční metoda, jak systematicky zvýšit účinnost učení a vytvářet trvalejší paměťové stopy. Testování a sebetestování učebního materiálu zvyšuje retenci více než dodatečné vystavení učebního materiálu, a to i v případě, že po testování nenásleduje vyhodnocení testu jako zpětná vazba.

Runquist (1983) experimentálně zkoumal vliv testování na vybavování (zapomínání) u vysokoškolských studentů. Po týdnu od procesu učení se slovními asociacím studenti zapomněli od 34-89 % učiva. Jestliže byli studenti dvě minuty po vystavení učení testování na obsah učení, zapomněli v průměru 34 % učiva. Ostatní studenti v podmínkách opakovaného učení zapomněli průměrně 78 % učiva.

Roediger a Karpicke (2006a; 2006b; 2008b; 2018) nazývají tento překvapující fenomén efekt testování (*testing effect*), známý také jako efekt praxe vybavování.

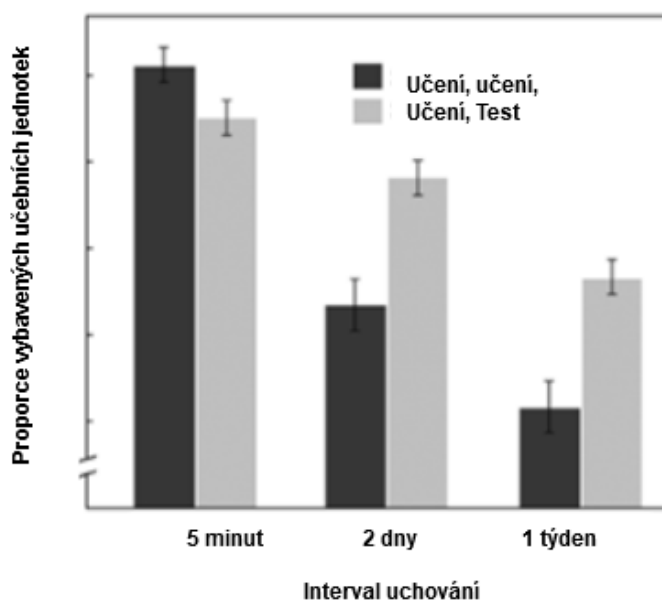
Mechanismus efektu testování spočívá v tom, že jestliže si vybavujeme konkrétní informační položky, dochází k jejich rekonstrukci a „přeuložení“ ve složitějším formátu a novém kontextu (Finn & Roediger, 2011). Testování spouští mentální proces vyhledávání v dlouhodobé paměti a aktivuje související dostupné informace, což v důsledku umožňuje snadnější přístup k žádoucím informacím.

Biologicky vzato se síť neuronů odpovídající příslušné položky „rozpálí“ (*fire*), vytvoří nová spojení s dalšími souvisejícími sítěmi, čímž se informační položka propojí s dalšími informačními položkami, a společně vytvoří rozsáhlejší a silnější paměťovou stopu.

Roediger a Karpicke (2006a) ověřovali účinnost efektu testování experimentálně. Hypotéza říká: jestliže je učící se subjekt bezprostředně po učení vystaven testování, dosahuje lepších výsledků uchování v dlouhodobé paměti než subjekty vystavené dalšímu opakování totožného učiva. Ve dvou experimentech byly pokusné osoby (n=120) rozděleny na dvě skupiny, které nejdříve studovaly

prozaické pasáže v intervalech po sedmi minutách, a poté byly vystaveny testování na volné vybavování. První skupina byla bezprostředně po prvním učení testována bez zpětné vazby. Druhá skupina opakovala učení. Následně byl proveden finální test učební látky po pěti minutách, po dvou dnech a po jednom týdnu.

Jestliže byl finální test proveden po pěti minutách, lepší skóre dosahovala skupina, která byla vystavena opakovanému učení. Jestliže však bylo finální testování uskutečněno po dvou dnech, výrazně lepší skóre dosahovala první skupina, která byla bezprostředně po učení testována. Po jednom týdnu byl rozdíl ve prospěch testované skupiny ještě významnější.



Obr. 8: Vybavení v intervalech uchování (podle: Roediger & Karpicke, 2006a)

V jiné studii byly nejdříve pokusné osoby požádány, aby se naučily dvojice slov, a poté byla polovina účastníků experimentu testována. O týden později si pokusné osoby, které byly bezprostředně po učení testovány, pamatovaly 35 procent učiva, zato pokusné osoby, které nebyly testovány, pouze 4 procenta.

Další studie potvrdily, že opakované učení nemá na pozdější vybavení zdaleka takový vliv a pozitivní efekt, jako efekt testování ve formě volného vybavování. Výsledky výzkumu demonstrují klíčovou úlohu nácviku vybavování pro procesy konsolidace a uchování učiva v paměti pro účely pozdějšího vybavení.

Autoři studie konstatovali, že samotní studenti vysokých škol si tuto skutečnost většinou neuvědomují (Roediger & Karpicke; 2008).

Roediger a Karpicke (2006a; 2006b; 2018) vysuzují, že testování je silným prostředkem pro zvyšování efektivity učení, nikoli pouhým nástrojem hodnocení. Efekt testování prokazatelně zlepšuje uchování v dlouhodobé paměti.<sup>145</sup>

Funkční autodidaktickou metodou učení založenou na efektu testování je sebetestování (*self-testing*). Zahrnuje vlastní praxi vybavování učebního materiálu, používání fyzických či digitálních karet nebo odpovědi na otázky v závěrečných kapitolách studijních materiálů. Praxe vybavování je funkční i v případě, že formát testování je oproti reálnému testu odlišný. Vysokou užitnou hodnotu metody sebetestování sledujeme v rozsahu formátů, obsahu učení, věku učících se a v intervalech uchování. Sebetestování vyžaduje menší množství času oproti jiným technikám. Účinky sebetestování mohou přetrvávat měsíce až roky, což je zcela fundamentální benefit pro koncept celoživotního učení.

Stovky empirických dokladů přesvědčivě ukazují, že efekt sebetestování zlepšuje učení a retenci učiva. Sebetestování je výhodnější spíše krátké a častější, než v delším čase a méně časté (Rawson et al., 2013).

Efekt testování je vhodné aplikovat v rámci andragogické výuky (pretest, test), sebeřízeného učení (sebetestování) nebo učení ve skupinách (vzájemné testování). Ve vzdělávacím procesu jsou účastníci vzdělávání často zařazováni do skupin za účelem usnadnění učení vlivem skupinového kontextu.<sup>146</sup>

Testování není pouze nástroj hodnocení, ale především funkční strategie učení. Efekt testování a především metoda sebetestování je založena na praxi vybavování, při kterém dochází k rekonsolidaci paměťové stopy čili „přeuložení“ znalosti ve složitějším formátu. Paměťová stopa je vlivem vybavení a rekonsolidace silnější, metaforicky viděno „košatější“, pravděpodobně tím, že obsahuje v důsledku vybavení další neuronální spojení, která mohou být zprostředkovatelem vybavení.

---

<sup>145</sup> Další studie dokládající efekt testování uvádí Brown, Roediger a McDaniel (2017).

<sup>146</sup> Skupinovému učení je věnována zvláštní pozornost z pohledu aplikovaného výzkumu kognitivní psychologie (Srov. Wright, 2016).

Učení nazpaměť má zajisté své místo v praxi učení, přestože se vyskytují názory, které takový závěr zpochybňují a zdůrazňují spíše význam vyšších mentálních dovedností. Sternberg (2009, s. 16) vysuzuje, že „*vědomosti bez přemýšlení jsou zbytečné, myšlení bez poznatků je prázdné*“. Sémantická paměť a explicitní učení faktům je stejně důležité, jako mentální operace usuzování nebo kritické myšlení.

Shrnutu techniky učení se poznatkům a zpětné získávání vědomostí prostřednictvím testování nebo sebetestování je validní strategie a empiricky dobře ověřená technika učení. Učíme se tím, že zpětně získáváme informace a jejich reprezentace praxí opětovného vybavování.

## ROZLOŽENÉ UČENÍ

Rozložené učení (*distributed practice, spacing effect*), jehož opakem je nakupené učení (*massed practice, cramming*), charakterizují rozestupy mezi učebními jednotkami a periody opakování učební látky. Výzkumy dokládají, že rozložené učení po menších částech s časovými odstupy je ve smyslu retence učební látky efektivnější, než nakupené učení v průběhu krátkého času. Problém nižší efektivity nakupeného učení spočívá v tom, že v případě učení nových obsahů nemá krátkodobá vyšší intenzita učení takový efekt na dobu retence, jako rozložené učení v delší časové trajektorii. Rozložené učení je didakticky užitečná strategie pro širokou škálu učebních obsahů ve vzdělávání dospělých.

Účinností rozloženého učení se zabýval již Ebbinghaus (1885), třebaže se jednalo o učení bezesmyslných slabik. Podobně orientovaným výzkumem navázal na Ebbinghause rakouský psycholog Adolf Jost (1874 -1908), jehož výzkumné závěry formuloval v roce 1897 v zákoně, který je po něm pojmenován. Jostův zákon říká, že pokud jsou dvě stejně silné paměťové stopy, které však vznikaly v různém čase, starší paměťová stopa bude stabilnější a trvalejší (Jost, 1897).<sup>147</sup>

---

<sup>147</sup> „I Sind zwei Assoziationen von gleicher Stärke, aber verschiedenem Alter, so hat für die ältere eine Neuwiederholung größeren Wert. II. Sind zwei Assoziationen von gleicher Stärke, aber verschiedenem Alter, so fällt die ältere in der Zeit weniger ab.“ (Jost, 1897).

Stále se však v případě Jostova výzkumu jednalo o krátké časové úseky a bezesmyslné slabiky, tedy nic, co by bylo možné považovat za utilitární model učení. Původní výzkumy učení však ve své době naznačily metodu uchování učiva v dlouhodobé paměti, kterou v současnosti nazýváme rozložené učení. Intenzivní opakování učební látky v krátkém časovém intervalu nemá zvláštní účinek na zapamatování oproti rozloženému opakování ve více učebních jednotkách v delším časovém úseku.

V klasickém experimentu testovali rozložené učení Baddeley a Longman (1978) u čtyř skupin zaměstnanců pošt, kteří se učili nazpaměť zadávat abecedně-číslicové kódy (obdoba směrovacích čísel) na klasické klávesnici. Učení trvalo jednu hodinu nebo dvě hodiny jednou nebo dvakrát denně. Retence byla testována po jednom, třech nebo devíti měsících. Rozestup mezi jednotlivými relacemi učení a jejich počet predikoval úroveň retence učební látky. Výsledky výzkumu překvapivě ukázaly, že učení bylo nejúčinnější ve skupině zaměstnanců, která absolvovala jednu učební jednotku jednou denně, na rozdíl od skupiny, která se učila dvě hodiny. Paradoxně nejhůře na tom byla skupina, která se učila dvě hodiny dvakrát denně. Studie naznačila, že příliš často a příliš mnoho učení nemusí znamenat lepší výsledky, za to rozložené učení po menších dávkách může být efektivnější.

Bloom a Shuell (1981) zkoumali efekt rozloženého a nakupeného učení anglicko-francouzských párů slov u vysokoškolských studentů. Studenti dosahovali lepšího skóre o 35 %, jestliže se učili 3 krát 10 minut během tří dnů, oproti studentům, kteří se učili najednou 30 minut v jednom dni. Studie přitom vyhodnocovala retenci bezprostředně po učení a po čtyřech dnech, kdy studenti zapomněli 31 % učiva v případě nakupeného učení, ale pouze 11 % učiva v případě rozloženého učení.

Glenberg (1979) se správně domníval, že efekt rozloženého učení je ovlivněn variabilitou kódování. V důsledku četnějšího kódování při rozloženém učení se s ohledem na variabilitu učebních jednotek ukládá větší množství informací v kontextové, strukturální (asociativní) a deskripční úrovni. Kontextové informace jsou kódovány automaticky, strukturální a deskripční informace závisí



na kontrolovaných procesech. Zapamatování zahrnuje přístup k uložené informaci pomocí vyhledávacích informací (náповěd) libovolné úrovně odpovídající uložené informaci. Teorie úrovní složek (*component-levels theory*) blíže odhalila význam variability kódování (*encoding variability*) při rozloženém učení pro proces ukládání (rekonsolidace) v dlouhodobé paměti (Glenberg, 1979).

Smith a Rothkopf (1984) publikovali studii, která zkoumala rozložené učení v osmihodinovém kurzu, závěrečné testování bylo provedeno po pěti dnech od poslední lekce. Jestliže byl kurz rozložen do čtyř dnů, namísto jednodenní prezentace, byla účinnost učení statisticky významnější. Navíc se ukázalo, že diverzifikace kontextu prostředí, změnou různých učebních místností ve výuce pro každou ze čtyř lekcí, vede k vyšší produktivitě učení.

Obdobná zjištění se později ukázala také v případech psychomotorického učení u pokusných osob, které se učily hrát golf. Skupina generovala lepší výsledky při rozloženém učení než skupina, která se učila intenzivněji (Dail & Christina, 2004).

Novější studie zkoumala vysokoškolské studenty (n=169), kteří po absolvování simulované vysokoškolské přednášky revidovali učební obsah buď následující den, nebo osm dní po přednášce prostřednictvím *online* přehledu. Závěrečný test se uskutečnil po pěti týdnech. Dotazování se týkalo sémantické paměti a vyšších kognitivních úrovní učení. Jestliže bylo učivo revidováno osm dní po přednášce, výkon v testech byl pro oba typy otázek signifikantně vyšší ve srovnání se skupinou, která revidovala následující den po přednášce (Kapler, Weston & Wiseheart, 2015).

Přední badatel ve výzkumu učení a dlouhodobé paměti Harry Bahrick (1979) zkoumal procesy uchování znalostí v experimentu mimo laboratoř. Absolventi vysokých škol se bez předchozích zkušeností s výukou španělštiny učili anglicko-španělské páry slov (synonyma). Testování, které se uskutečnilo po třiceti dnech od vystavení učiva, prokázalo efekt rozloženého učení v lepší retenci znalostí. Jestliže pokusné osoby absolvovaly rozložené učení, pamatovaly si až 88 % učiva.

V jiném typu studie Bahrick a Phelps (1987) testovali pokusné osoby (n=35), které se učily v různých intervalech 50 anglicko-španělských párů slov pro účely

vybavení z dlouhodobé paměti po osmi letech. Pokusné osoby (studenti vysokých škol) neměly na začátku studie žádné zkušenosti se španělským jazykem. Autoři studie dospěli k závěru, že dlouhodobá retence je výraznější, jestliže opakování zahrnuje kódování v 1-2 prezentacích v intervalu 30 dní, namísto typických intervalů 1-2 dnů týdně po dobu 10-15 týdnů. Výhody rozloženého učení lze tedy pozorovat také u delších intervalů, jestliže jsou celkem alespoň tři učební lekce. Výzkum ukázal, že prostřednictvím široce rozloženého učení lze produkovat téměř dvojnásobek učebního materiálu než prostřednictvím nakupeného učení.

Bahrík v roce 1982 zahájil se svou rodinou pětiletý výzkum efektu rozloženého učení při výuce cizího jazyka. Design výzkumu spočíval v učení seznamu 300 francouzských slov rozložených v šesti skupinách po 50 slovech a různých intervalech učení těchto seznamů slov. Jeden seznam se učili 1krát za týden, druhý seznam 2krát za měsíc, třetí 1krát za dva měsíce.

Nejvyššího skóre bylo v této studii dosaženo po 5 letech učení s rozvrhem: 76 % naučených slov - 26 lekcí/1krát/2 měsíce, oproti 56 % naučených slov - 26 lekcí/1krát/2 týdny. Při maximálních intervalech rozloženého učení to je o 20 % lepší výkon (Bahrík, Bahrík, Bahrík & Bahrík 1993).

Bahrík (1984) na základě dalšího výzkumu uchování znalostí španělského jazyka po padesáti letech od školního vyučování (n=733) dospěl k závěru, že proces uchování (v případě učení cizího jazyka) má dočasně sestupnou tendenci, ale po nějaké neurčité době se může zastavit a uchované znalosti se mohou ustálit (zamrznout). V analogii se zamrzlou půdou, známou jako *permafrost*, navrhl Bahrík metaforu „*permastore*“ pro typ dlouhodobé sémantické paměti.

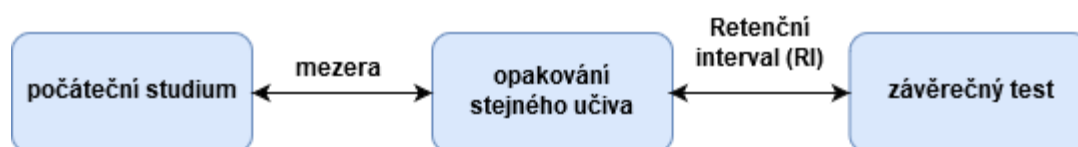
Na základě zkoumání vlastní zkušenosti s rozloženým učením anglického jazyka vyvinul polský student informatiky Piort Wozniak (\*1962) algoritmus délky intervalů opakování učiva pro *freeware* výukové programy (např. *SuperMemo*), které našly široké uplatnění ve výuce cizích jazyků po celém světě (Wozniak & Gorzelanczyk 1994; Carey, 2015). Na základě Wozniakových algoritmů rozloženého učení je v současnosti velmi rozšířená platforma pro výuku jazyků, známá jako *Duolingo*, a další výukové programy.

Metaanalýza efektu rozloženého učení (184 publikovaných článků, 317 experimentů, 839 hodnocení) doložila, že účinnost rozloženého učení je statisticky významnější, než v případě nakupeného učení. Většina dat (85 %) byla přitom pořízena ze studií s mladými dospělými. Ze studie vyplývá, že čím více je učení rozložené, tím více si pokusné osoby pamatují, a to především po delší době od posledního učení (Cepeda et al., 2006).

Technologie sebeřízeného učení vyžaduje odpověď na základní otázku, týkající se stanovení intervalů mezi jednotkami učení a množstvím učiva.

Cepeda et al. (2008) hledali odpověď na otázku, v jakých intervalech je nejučinnější rozložit učení. Nejdříve provedli rozsáhlý výzkum distančního vzdělávání u dobrovolníků různého věku (n=1354), přičemž cílem dobrovolníků bylo naučit se třicet dva specifických faktů ve dvou lekcích.

Studijní jednotky jsou odděleny různou mezerou. Mezera mezi posledním vystavení učiva a závěrečným testem se nazývá retenční interval. Skupiny byly náhodně rozděleny podle různě stanoveného retenčního intervalu druhého opakování (10 minut, den, týden, měsíc, více měsíců a nejvíce šest měsíců). Design výzkumu zahrnoval celkem 26 různých rozvrhů.



Obr. 9: Typické uspořádání studie efektu rozloženého učení (podle: Cepeda et al., 2008)

Podle závěru studie může mít načasování a správné rozložení učení výrazný vliv na retenci učiva.

Na základě šetření Cepeda et al. (2008) navrhli model optimálního intervalu učení, podle kterého je možné plánovat distribuci studijního času vzhledem k termínu zkoušky a doby, po kterou si chceme učební obsah zapamatovat. Jestliže je zkouška za týden, opakování bude následující den nebo za dva dny, je-li termín zkoušky za dva měsíce, druhé opakování bude za týden, atd.

Čas do závěrečného testu	Interval mezi učením
1 týden	1-2 dny
2 měsíce	1 týden
3 měsíce	2 týdny
6 měsíců	3 týdny
12 měsíců	1 měsíc

**Tab. 6: Model optimálního intervalu mezi počátečním a dalším opakováním podle stanoveného termínu předpokládaného vybavení (podle: Carey, 2015)**

Shrnuto efekt rozloženého učení je podložen robustní empirickou evidencí. Studie dokládají, že namísto intenzivního učení ve zhuštěných učebních modulech (nakupené učení) je vhodnější výukovou látku distribuovat v několika časově oddělených jednotkách. Z četnějších zkušeností se shromažďuje více zpracovaných informací, jejichž životnost je vyšší než v případě omezenějšího počtu vystavení učení. Vysvětlení nabízí teorie úrovní složek (Glenberg, 1979), která říká, že vyšší četnost učebních jednotek současně znamená vyšší diverzifikaci kontextu prostředí, kde k učení dochází. Důsledkem je vyšší variabilita kódování a uložení většího množství kontextuálních informací v poznávacím systému. Podle teorie úrovní složek je přístup k uloženým informacím snadnější pomocí kontextové, strukturální a deskriptivní úrovní kódovaných informací.

Zdá se, že příliš často a příliš mnoho učení nemusí znamenat lepší výsledky. Rozložené učení lze považovat za efektivní strategii učení, kterou navrhuje zahrnout do teorie a praxe tvorby výukových programů a sebeřízeného učení. Efekt rozloženého učení není intuitivně zřejmý a často není dobře pochopen ani teoretiky vzdělávání. Proto je důležité, aby konstruktéři kurikula vzdělávání měli efekt rozloženého učení v patrnosti (srov. Dempster, 1988). Harry Bahrick upozorňuje, že přestože by měla být životnost znalostí důležitá, je vzdělavateli často opomíjená. Přitom efektivnost učení závisí především na tom, jak dlouho získané znalosti zůstanou přístupné vědomé paměti. Cepeda et al. (2008) navrhli model optimálního intervalu mezi počátečním a dalším opakováním podle stanoveného

termínu předpokládaného vybavení. Rozložené učení je jedním z nejvíce zkoumaných a prověřených jevů ve více než stoleté historii výzkumu učení. Také z tohoto hlediska je vhodné rozložené učení zahrnout do systematického vzdělávání a učení dospělých.

## ELABORATIVNÍ UČENÍ

Elaborativní učení ve smyslu kódování nápověd pro očekávané vybavování je specifický nástroj umožňující efektivně ukládat a vyhledávat informace v paměti. Vnější svět strukturujeme a kódujeme percepčně a sémanticky, prostřednictvím metafor, analogií a kategorií.

Elaborativní učení vystihuje paradox „Pekař/pekař“ (*Baker/baker*), podle kterého je těžší zapamatovat si portrét člověka, jehož příjmení je Pekař, než když je pekařem povoláním. Cohen (1990) experimentálně testoval hypotézu předpovídající, že vybavení příjmení může být obtížnější než vybavení jiné informace vystihující osobní identitu. V experimentech bylo předloženo dvanáct neznámých obličejů osob a různé druhy informací o předložených osobách, jako právě příjmení nebo povolání. Studie ukázala, že povolání bylo přístupnější pozdějšímu vybavení než jméno nebo majetek. Jestliže byl význam položky sémanticky manipulován, smysluplné položky byly přístupnější než položky bez významu.

V tomto smyslu Baddeley (1999, s. 175) pokládá klíčovou otázku: „*Jak materiál utřídit tak, aby se dal snadno zpětně vybavit?*“

Jednoduchou odpovědí je, že bohatší a náročnější zpracování materiálu je snadněji zapamatovatelné, než prostší a jednoduché zpracování. Například řešení složitějšího problému bude lépe uloženo a zapamatováno, než řešení jednoduchého problému. Zvýšené úsilí při procesu kódování povede k lepšímu zapamatování, jestliže vytvoříme sémantickou asociaci ve smyslu *slovo-příběh* (Baddeley, 1999).

Elaborativní kódování je technika zaměřená na variabilní formy vytváření smysluplných informací, které jsou uspořádány odlišnými způsoby pro různé typy kódování a různé úrovně zpracování. Hlubší úroveň zpracování informací poskytuje

propracovanější, trvalejší a silnější paměťové stopy než povrchové úrovně zpracování.<sup>148</sup> Baddeley (1999) pokládá kódování informací podle obsahu za funkční a v praxi dobře použitelný systém.<sup>149</sup>

Elaborace (*elaboration*) jako způsob kódování představuje strategii učení založenou na propracování nových informací a poznatků s informacemi a poznatky uloženými v dlouhodobé paměti. Elaborativní kódování zahrnuje dva druhy strategií.

Elaborace uvnitř položky (*within-item elaboration*) znamená kódování položek podle jejich charakteristiky v různých úrovních zpracování;<sup>150</sup>

Elaborace mezi položkami (*between-item elaboration*) představuje kódování položek na různých úrovních korelací konkrétních charakteristických znaků položek vůči charakteristickým znakům již uložených položek (Sternberg, 2009).

Experimentální studie se soustředí na různé druhy elaborativního kódování.

Výsledky experimentů zkoumajících efekty autobiografické elaborace uvnitř položky/mezi položkami na volné vybavování ukázaly, že pro účinnou elaboraci je důležitý sémantický vztah mezi kódovanými objekty a přidanými informacemi (Toyota, 1997).

Ritchey a Beal (1980) prostřednictvím čtyř experimentů (n=144) zkoumali procesy vizuální elaborace mezi položkami. Studie poskytla přesvědčivé důkazy o vlivu detailů obrazů, které zkoumané osoby elaborovaly mezi položkami v nezařazených seznamech, na volné vybavování.

Teorie elaborace (*elaboration theory*) je kognitivní model výuky, který organizuje učební obsah podle principu rostoucí složitosti, logické návaznosti a smysluplnosti (Reigeluth, 1979).

---

<sup>148</sup> Craik a Lockhart (1972); Craik a Tulving (1975).

<sup>149</sup> „Protože jsou znalosti tak rozsáhlé a jejich součástí je tolik různých, ale spřízněných dimenzí, umožňuje nám vytvořit přesně a zpětně získatelné kódování. Informace, které jsou kódovány pomocí obsáhlého a podrobného obrazu světa, budou obecně přístupnější než materiál, který byl zpracován na základě jednoduššího nebo obsahově chudšího schématu.“ (Baddeley (1999, s. 175).

<sup>150</sup> Craik a Lockhart (1972); Craik a Tulving (1975).

Pokud je výuka uspořádána systematicky s ohledem na poznávací předpoklady a dispozice účastníků výuky, může učení generovat souhrn, analogie, syntézu a delší retenci poznatků. Metaforicky lze model přirovnat k funkci *zoom* u pankratického objektivu. Zpočátku širokouhlý pohled na učební obsah umožňuje vidět jeho hlavní části a vztahy mezi nimi bez specifických detailů. V dalším přiblížení je možné vidět detaily a další souvislosti, čímž dochází k propracování nových poznatků v rámci předchozího makro pohledu. Elaborace zahrnuje analogie a syntetizující nástroje umožňující tvořit vztahy mezi novými a předchozími poznatky. Organizační struktura výuky je buď koncepční (prezentace objektů), procesní (soubor opatření za účelem dosažení cíle) nebo teoretická (teoretické aspekty). Sekvenční obsah popisuje pořadí, ve kterém je třeba informace předkládat, zpravidla „od obecného ke konkrétnímu“ (Reigeluth, 1979).

Kritika teorie elaborace stojí na tvrzení, že se jedná spíše o konstrukční postup než o teorii učení, kterou nelze zobecnit (testovat) a aplikovat bez omezení. Model je založený na neopodstatněném předpokladu, že většina obecných poznávacích konceptů je vždy nejbližší předchozímu porozumění učiva, což je problematický předpoklad v případě špatně definované domény učení (Wilson & Cole, 1992).

Kritika umožnila aktualizaci modelu elaborativního učení, který Reigeluth (1992) nazval metodou zjednodušování podmínek (*simplifying conditions method*). Metoda spočívá v systematickém předkládání vybraných jednoduchých příkladů, které reprezentují zadání jako celek a slouží jako prototyp výuky. Příklady, které navrhuje zpravidla experti v daném oboru, mohou obsahovat analogie, metafory a syntetické úrovně předmětu učení.

Základním typem elaborativního učení dospělých je inference (*inference*). Etymologie slova *inference* pochází z latinského *in ferre* a znamená „nosit v něčem“ nebo také „přenášet“.

Podle Sedlákové (2004) je *inference* způsob, jak dospět od jedné množiny proposic k jiné množině proposic, což znamená prohloubení nebo korekce mentální reprezentace příslušného objektu.

Inference znamená myšlenkový postup logického usuzování ve smyslu vyvozování souvislostí a závěrů, zahrnující logické operace dedukci, indukci a syntézu sémantických složek. V kognitivním procesu učení je učební obsah zasazován do širšího rámce, upravován od obecných složek ke konkrétnímu obsahu, od základních informací po komplexní soubory dat, dochází ke generalizaci, kategorizaci, sekvencování obsahu a vyvozování závěrů. Inferenci podmiňují sylogistická pravidla usuzování, neformální logika nebo přirozená (mentální) logika, případně heuristika.

Je intuitivně zřejmé, že efektivita vybavování se vyvíjí podle toho, v jakém emočním rozpoložení se právě nacházíme v době kódování informací.

Claudia Ucrosová (1989) publikovala metaanalýzu čtyřiceti studií od roku 1975 do roku 1985, a na základě pořízených dat navrhla teoretický model paměti závislé na stavu/na náladě (*mood/state dependent memory*). Hlavní zjištění studie spočívá v tom, že závislost na stavu/na náladě je častěji pozorována u pozitivních stavů/nálad než u negativních. Nejsilnější účinky tohoto efektu byly zjištěny v případech událostí z reálného, osobního života dospělých lidí (viz autoreferenční efekt), když byly použité stavy/nálady specifické pro uváděné položky a trvaly déle.

Zvláštním druhem elaborativního kódování je integrování afektivních složek s učebním obsahem. Vědci hledali odpověď na otázku, zdali se neutrální slovní asociace vybavují lépe, než asociace s emočním pozadím. Studie ukázala, že si pokusné osoby bezprostředně po učení lépe vybavovaly neutrálně laděné asociace, ale po jednom měsíci si signifikantně lépe vybavovaly emočně zabarvený materiál, což je v rozporu s freundiánskou hypotézou o zapomínání vlivem represe (Bradley & Baddeley, 1990).

Emoční složky se kódují a konsolidují v paměťových systémech souběžně s ostatními informacemi a mohou tedy usnadnit proces pozdějšího vybavení prostřednictvím množiny subsidiárních informací (Finn & Roediger, 2011).

Specifickým typem elaborativního učení je metoda využívající přirozené zvědavosti a snahy vysvětlit vnější svět, známá jako elaborativní dotazování



(*elaborative interrogation*). Dotazováním je zde míněno pokládání kritických otázek ve smyslu zpochybňování. Předpokládá se, že podněcování otázkou „Proč?“ se zvyšuje účinnost učení. Technika dotazování spočívá ve vysvětlování faktů hledáním odpovědí na klíčové otázky typu: „Proč jsou věci tak, jak jsou?“ nebo „Proč je něco považováno za fakt?“, apod. Otázky většinou závisí na předmětu učení, v praxi elaborativního dotazování se pokládají inferenční a kauzální otázky.

Sternberg (2009) doporučuje hledat rovnováhu mezi tradičním výkladem a různými druhy otázek (faktické, analytické, tvořivé, praktické).

Elaborativní dotazování přináší výrazné zlepšení ve faktickém a inferenčním učení dospělých (McDaniel & Donnelly, 1996).

Tulving a Thomson (1973; in Eysenck & Keane, 2008, s. 186) shrnují elaborativní učení následovně: *„Vybaveno může být pouze to, co bylo uloženo, a (...) způsob, jak to může být vybaveno, záleží na tom, jak to bylo uloženo.“*

Praktické uplatnění elaborativní strategie učení shrnuje Stenberg (2009), podle něhož je učení třeba uvádět do vztahu mezi způsobem kódování a postupem, který je očekáván při vybavování. Propracováním rozmanitých způsobů kódování se zvyšuje pravděpodobnost snadnější reprodukce, prosté opakované je méně efektivní, než nalezení více než jednoho způsobu učení. Hlubší pochopení učebního materiálu bude vyžadovat nalezení postupů hlubšího zpracování.

Pokročilejší techniky učení vycházejí z konceptu elaborativního učení, které vyjadřuje didaktická otázka: „Jak učební materiál organizovat a utřídit, abychom zvýšili pravděpodobnost jeho zpětného vybavení?“ Jak jsme již uvedli, vliv kontextu prostředí na volné vybavování může být překvapivě významný (Godden & Baddeley, 1975). Diverzifikace výukového prostředí zvyšuje efektivitu učení (Smith & Rothkopf, 1984), z čehož lze vyvozovat, v souvislosti s teorií úrovní složek (Glenberg, 1979), že kontextová variabilita může být efektivní instrukční strategie sebeřízeného elaborativního učení.

Prostřednictvím elaborativního učení je možné kódovat informace bez významu a kontextu způsobem, který saturuje význam a kontext s obsahem naší

paměti, podobně, jako lze převádět „Pekaře“ na „pekaře“. Sémantické asociace (*slovo-příběh*) zvyšují pravděpodobnost vybavení kódovaných informací.

Mareš (2013b) uvádí, že aplikace elaborativních strategií činí problémy ve vzdělávání dospělých, přitom se jedná o dovednost, kterou lze didakticky rozvíjet, například metodou zjednodušování podmínek (Reigeluth, 1992). Tato metoda je vhodná pro aplikaci ve vzdělávání dospělých, zejména v profesním vzdělávání. Prostřednictvím inference mohou učící se dospělí učební obsahy obohatit o další logicky související informace, které učební materiál explicitně nevyjadřuje a propojit nově kódované informace s již uloženými informacemi v kontextu učebního obsahu. Pro technologii učení dospělých představuje elaborace pomocí inference vhodný nástroj propracování učebního materiálu pro lepší zapamatování.

## Mnemonické systémy

*„Podle různosti paměti různých pomůcek paměti.“ J. A. Komenský (1646; 1946)*

Mnemonické systémy (*mnemonic*; z řec.  $\mu\eta\eta\mu\omicron\nu\iota\kappa\omicron\varsigma$  – z paměti, vztaženo k paměti) jsou paměťové techniky (*memoria technica*) nebo také strategie kódování a vybavování z dlouhodobé paměti založené na vizualizaci, asociačním učení a sémantickém zpracování. Historie mnemonických systémů sahá k řeckým sofistům a filozofům (Platón, Aristotelés), později k řeckému básníkovi Simónidésovi z Keu a filozofovi Cicerovi (106-43 př. n. l.). Řecké a římské mnemonické systémy byly založeny na užívání prostorové a vizuální paměti při kódování sugestivních položek (domy, sochy, nábytek, znaky, obrazy, aj.) a asociování s myšlenkami nebo událostmi. Mnemonickým systémům se z různých důvodů věnovali osobnosti filozofie, poezie a vědy, jako například Roger Bacon, Ramon Llull, Konrad Celtes, Gottfried Wilhelm Leibnitz nebo Giordano Bruno.

Od poloviny 20. století je známo, že se lépe učí smysluplná učební látka, než bezsmyslné seskupování znaků stejného objemu.<sup>151</sup> Účinné techniky užívají smysluplné kódování, strukturu vybavování a urychlení objevené K. A. Ericssonem (1988; In Eysenck & Keane, 2008). Většina dospělých spontánně kategorizuje

---

<sup>151</sup> Bruner et al. (1956); Brown, Roediger & McDaniel (2017).

a zobecňuje (Sternberg, 2009), což mnemonické systémy často využívají. Mnemonické systémy korespondují s teorií duálního kódování, autoreferenčním efektem, epizodickou a prostorovou pamětí, teorií úrovní složek a teorií elaborativního učení. Laboratorní kontrolované studie za posledních padesát let prokázaly funkční efekty mnemonických systémů a jejich praktický přínos.<sup>152</sup>

Roediger (1980b) administroval čtyři skupiny studentů, kteří měli za úkol použít některou z vybraných paměťových technik k zapamatování položek pro sériové a volné vybavování, které následovalo bezprostředně po učení nebo po 24 hodinách. V experimentu byly přezkoumány, kromě techniky prostého slovního opakování různé mnemonické systémy:

Metoda interaktivních představ (*imagery*) spočívá ve vytváření představ a vizualizaci slov či seznamů slov, které jsou kódované jako obrazy (viz teorie duálního kódování). V této práci jsme uvedli, že elaborativní zpracování, rozlišovací způsobilost, benefity bizarní představivosti, a jiné aspekty interaktivní představivosti mají pozitivní účinky na uchování v dlouhodobé paměti.

Metoda loci (*method of loci*; z lat. *locus/loci* – *místo/místa*), známá také jako paměťový palác, je způsob elaborativního kódování využívající prostorovou paměť, informace ze známého prostředí a jejich vizualizaci. Na základě propojování informací s prostorovou pamětí se vytváří stabilnější paměťové stopy, jejichž prostorový základ zvyšuje pravděpodobnost pozdějšího vybavení uložených informací. Metoda loci byla známá již ve starořecké a římské kultuře před dvěma tisíci lety. Účinnost metody byla v sedmdesátých letech minulého století empiricky prověřena a na základě experimentů kognitivní psychologie lze metodu považovat za funkční a vhodnou pro kódování různých objektů, tváří, číslic, seznamů slov a jejich kombinací.

Systém háčků (*peg system*) je mnemonická technika tvorby mentálních asociací mezi konkrétní informací z učebního materiálu a pomocnými slovy. Ke konkrétní informaci se připojí jiná pomocná informace, a tím se vytvoří sofistikovanější

---

<sup>152</sup> Přehled Eysenck & Keane (2008); Sternberg (2009).

paměťová stopa, a tím pádem snadnější přístup k uložené komplexnější informaci. Metafora háčku představuje „zavěšení“ pomocné informace na informaci, která je objektem učení. Příkladem je spojování podstatných jmen s čísly nebo rýmy. Háčky tvoří systém, který je opakovaně užíván pro kódování nových originálních informací, které jsou asociovány s již uloženými informacemi (rekonsolidace). Informace se stává smysluplnější a lépe vybavitelná, například v asociaci s informací obsahující emoční složku.

Interaktivní představy asociací (*link method*) je mnemonický systém, známý také jako „řetězová metoda“, spočívající v technice zapamatování seznamu nesouvisejících slov prostřednictvím interaktivní představy sugestivních asociací a propojování položek s mentálními obrazy. Podle této techniky lze seznam procházet postupně dopředu i nazpět. Metoda *link* je způsob rychlého propojování položek v paměti využívající vizualizace a asociace, jejichž prostřednictvím lze abstraktní informace propojit se snadno zapamatovatelnými mentálními obrazy.

Výsledky experimentu ukázaly, že pro volné a sériové vybavení položek je efektivnější technika *interaktivní představy asociací* a *metoda loci* než strategie prostého slovního opakování a tvorba izolovaných představ o jednotlivých položkách.

Komponenty mnemonických systémů, které jsme předložily, představují účinné metody učení. Rozhodující jsou zejména vlastnosti podnětů a jejich seskupování pro lepší organizaci studovaného materiálu.<sup>153</sup> Internalizace mnemonických nástrojů je věcí učících se.

---

<sup>153</sup> Hartl (1999); Chalupa (2007); Sternberg (2009).

## Shrnutí

Uvedli jsme, že navzdory praxi učení prostým opakováním existují kognitivní strategie učení s teoretickým a empirickým základem, které mají větší potenciál zvyšovat efektivitu procesů učení. Nejvíce relevantní techniky učení jsou založeny na efektu testování (sebetestování) a rozložené distribuci procesů učení. Elaborativní učení založené na propracovaném kódování je rovněž účinný nástroj, jak vědomě zvyšovat schopnost uchování a efektivitu procesu vybavování. Testování je více než nástroj hodnocení. Praxe vybavování sebetestováním je založena na rekonstrukci paměťové stopy (neuronové sítě) a opětovném uložení ve stabilnějším formátu. Učení v kratších časových jednotkách, s dostatečnými časovými rozestupy, umožňuje více informací déle uchovávat, než v případě učení, které je vzhledem k obsahu a času nakupené. Elaborativní učení se ve vzdělávání dospělých může uskutečňovat sémantickým a kontextovým kódováním, zjednodušováním podmínek, elaborativním dotazováním a především inferencí. Učení vyžaduje hlubší pochopení a je lepší užívat více způsobů a metod učení. K tomu slouží mnemonické systémy, jako jsou například metoda interaktivních představ, metoda loci, systém háčků nebo interaktivní představy asociací.

Kognitivní vědci Putnam, Sungkhasettee a Roediger (2016) shrnují strategický přístup k učení do instruktažních pokynů:

1. Uč se více vlastním testováním, například zapisováním vybavených informací.
2. Buď skeptický k vlastnímu dojmu, že jsi zvládl obsah učiva a proved' sebetestování.
3. Studuj raději každý den menší část než najednou velké množství učiva.
4. Začni brzy a dotkni se více témat během studijního dne.
5. Buď aktivní čtenář – sleduj cíle a snaž se porozumět obsahu. Používej otázky typu: „Co vyplývá z textu? Co je pro mě nového?“

Učení je vrozenou schopností přizpůsobovat se změnám prostředí a současně sociokulturně podmíněnou dovedností, jak s takovou schopností zacházet. Kognitivní strategie učení dospělých jsou praktickým návodem, jak lze zvyšovat úroveň účinnosti procesů učení.

## 9. ŘEŠENÉ OTÁZKY

Základní doménou andragogiky je pomáhat dospělým rozvíjet umění učit se. V rámci poradenského vztahu jako andragogické kategorie aplikujeme kodifikované soubory znalostí o učení dospělých v praxi. Transdisciplinární charakter andragogiky umožňuje extrahovat teorie kognitivního výzkumu učení a syntetizovat vyplývající hypotézy do didaktického rámce technologie vzdělávání dospělých.

V andragogickém diskurzu považujeme syntézu za spojování různých poznatků z různých oblastí lidského poznání a činností (Kotásek & Škoda, 1966).

Syntéza integruje poznatky vědních oborů a reflektuje přitom mezioborové diskuse zabývající se řešením kontroverzních otázek.

V diplomové práci bylo snahou analyzovat a syntetizovat hraniční otázky interdisciplinárního výzkumu o poznávacích procesech učení. Odpovědi na položené otázky pokládáme za předběžné.<sup>154</sup>

Epistemologie kognitivních procesů učení je od počátku vědeckého bádání spojena s kontradiktorními a mylnými teoriemi, což v důsledku pokládáme za progresivní vývoj. Řečeno s Popperem (1995, s. 41): „čím více teorie vylučuje, tím více sděluje“. Skutečné poznání zakládáme na vědění o tom, jak to ve skutečnosti není, nikoli o tom, jak se nám zdá, že by to mohlo být. Teorie o kognitivních procesech učení a jejich výklady lze v tomto ohledu považovat pouze za předběžné.

Z našeho pohledu jsou teorie učení validizovány samotnou praxí.

Pokusili jsme se naleznout odpovědi na otázky týkající se struktury a procesů učení z kognitivní perspektivy a identifikovat funkční kognitivní strategie učení s přesvědčivou evidencí empirických dokladů.

---

<sup>154</sup> Filozof David Hume (1711-1776) v roce 1748 napsal, že každé řešení dává povstat nové otázce, neméně obtížné, než byla ta předcházející, a vede nás k dalšímu zkoumání (Hume, 1996).

## 1. Co je podkladem procesu učení z evolučně-biologické perspektivy?

Z evoluční perspektivy učení znamená mechanismus potenciace biologické zdatnosti organismu. Principem učení je fenotypová plasticita neboli schopnost reagovat na podmínky vnějšího okolí uchováním reprezentací minulých zkušeností pro nové situace. Biologickým podkladem učení jsou řetězce elektrofyziologických a neurochemických změn v mozku. Fyziologický výzkum učení dokládá existenci engramu (paměťové stopy) jako neuronálního korelátu subjektivní zkušenosti spontánního vybavování v anatomických strukturách mozku.

V kognitivním paradigmatu procesů zpracování informací není zcela jasné, jak k uchování informací ve skutečnosti dochází, ani není zřejmé, zdali všechny informace, které byly již jednou kódované, jsou v nějaké, dosud neznámé, formě uchovány a mohou být později vybaveny. Představa, že je určitá znalost souboru informací uložena v paměti jako v knihovně, kde ji můžeme naleznout a znovu otevřít, je stále v různých variantách prostorových metafor nejrozšířenější. Soudobý výzkum dokládá, že se však jedná o proces mnohem složitější, než implikovaly původní hypotézy prostorového uspořádání paměti. Retence kódovaných informací je vysoce dynamický proces. Mechanismus uchování informací se uskutečňuje prostřednictvím synaptické plasticity neurokognitivních sítí, podkladem celoživotního učení je neuronální plasticita.

## 2. Jaké jsou základní procesy učení v kognitivním paradigmatu?

Základní model kognitivních procesů učení integruje tři procesy učení: **kódování, uchování a vybavování.**

Procesy nelze exaktně rozlišit a oddělit. Zpracování informací probíhá obousměrně. Experimentální uspořádání umožňuje v omezeném rozsahu operacionalizovat procesy učení, hledat kauzální souvislosti a obecné zákonitosti. Blíže pojednáno v kapitole č. 7 Kognitivní teorie učení: poznávací procesy a modely.

### 3. Jaké vlivné kognitivní teorie a modely učení byly navrženy?

Teorie paměťové stopy	Semon (1921) Hebb (1949 In Crick, 1997) Gelbard-Sagiv et al. (2008) Jezek et al. (2011)
Teorie zapomínání	Ebbinghaus (1885) Ballard (1913) Miller (1956) Underwood (1957) Slamecka (1960) Tulving (1974) Bjork a Bjork (1992)
Teorie paměťových systémů	Scoville a Milner (1957) Atkinson a Shiffrin (1968) Tulving (1972) Baddeley a Hitch (1974) Baddeley (2000)
Teorie kognitivních procesů učení	Tulving (1966) Paivio (1969) Craik a Lockhart (1972) Craik a Watkins (1973) Tulving a Thomson (1973) Craik a Tulving (1975) Morris, Bransford a Franks (1977) Eysenck (1979; In Eysenck & Keane, 2008)
Teorie celoživotního učení (evidence dokladů kognitivní vědy)	Maguire et al. (2000) Goldberg (2006) Gelbard-Sagiv et al. (2008) Hartshorne a Germine (2015) Hartshorne, Tenenbaum a Pinker (2018) Boldrini et al. (2018)

**Tab. 7: Kognitivní teorie učení a příslušný teoretický a experimentální výzkum**

V diplomové práci vycházíme z didaktických principů J. A. Komenského (1646; 1946), a v tomto kontextu dále srovnáváme kognitivní výzkum učení.



Analytická didaktika J. A. Komenský (1646:1946)	Procesy a kognitivní složky učení	Teorie – analýzy
„Všeobecně pomáhá vtisknutí představy trojí: pozorné vnímání, které se děje smyslem, jasné chápání a pečlivé rozsuzování.“ ... „Přijímá věci, smysly zachycené, je uchovává a podle potřeby opět vydává.“	Percepce - Pozornost Vyšší kognitivní funkce myšlení  Kódování Uchování Vybavování	Přehled: Eysenck a Keane (2008) Sternberg (2009)  Základní model kognitivních procesů učení
„Čím trvaleji chceš pamatovati nebo snadněji se rozpomínati, tím hlouběji vtiskni do paměti.“	Kódování Úrovně zpracování Hloubka zpracování	Craik a Lockhart (1972) Tulving a Thomson (1973) Craik a Watkins (1973) Craik a Tulving (1975)
„Síla paměti je především závislá na síle vtisknutí představy.“ ... Nic neznáme leč zobrazováním. Znalost je tvoření obrazů.	Kódování ... Kognitivní reprezentace	Bartlett (1932) Paivio (1969)  Schank a Abelson (1975; 2013) Přehled Sedláková (2004)
„Podle různosti paměti různých pomůcek paměti.“ ... „Má však i podržování a rozpomínání své zvláštní pomůcky.“	Vybavování Taxonomie paměti  Mnemonické systémy	Scoville a Milner (1957) Atkinson a Shiffrin (1968) Tulving (1972) Baddeley a Hitch (1974) Roediger (1980b)
„Vtisknutá představa, přijatá myslí, citově vzrušenou silným citem, utkvívá hlouběji.	Specifické afektivní složky kódování	Briggs, Hawkins a Crovitz (1970) Einstein a McDaniel (1987)
„Cokoli konáš, konej pouze to jediné!“	Zaměřená pozornost Multitasking	Goleman (2014) Berman et al. (2008) Newport (2016) Jeong a Hwang (2016)
„Pokusným přetřásáním se vtisknutá představa zesiluje.“	Efekt testování Praxe vybavování Elaborativní kódování	Roediger a Karpicke (2006a; 2006b; 2008b; 2018) Rawson et al. (2013) Reigeluth (1979; 1992) McDaniel a Donnelly (1996)
„Prodlévati u předmětu znamená upevniti vtisknutou představu.“ ... „Opakování je protilečkem zapomínání.“	Kódování Opakované vystavení učení NENÍ účinné jako jiné strategie učení.	Tulving (1966) Roediger (1980b) Callender a McDaniel (2009) Rawson et al. (2013)

Tab. 8: Procesy učení v kontextu práce J. A. Komenského a kognitivního výzkumu učení

#### 4. Jaké kognitivní strategie a techniky učení lze spolehlivě aplikovat v androdidaktické praxi?

Představy o kognitivních stylech učení, jejichž správný výběr a aplikace zlepšuje výsledky učení, nemají spolehlivý empirický základ (Massa & Mayer, 2006; Rohrer & Pashler, 2012).

Některé studijní techniky zlepšují učení, zatímco jiné techniky spíše promarní čas. Ve skutečnosti jsou ve vzdělávání nejrozšířenější právě ty techniky učení, které jsou nejméně efektivní. Vzdělavatelé často nereflektují potřeby studujících vyrovnat se s technickými problémy učení, a není zcela výjimečné, že ani samotní vzdělavatelé nejsou informovaní o strategii učení s empirickým podkladem.

Nejrozšířenější praxí učení je opakované čtení stejných textů beze změny ve zpracování (*rereading*) a podtrhávání či vyznačování textů (*underlining*).

Koriat a Bjork (2005) si všimli nesouladu mezi studijní a testovací situací, projevující se pocitem kompetence znalosti učebního materiálu v průběhu plynulého učení, který se však následně během testování ukáže jako neopodstatněný dojem.

Problém iluze kompetence (*illusions of competence*) je poznávací předpojatost vyjadřující tendenci mylně předvídat vlastní budoucí vybavování. Iluze fluence (*fluency illusions*) vychází z dojmu známosti učebního obsahu vlivem doslovného předčítání, stálého opakování, zvýrazňování textu, automatického přepisování, apod. Z plynulého čtení učebního materiálu však automaticky neplyne jeho ovládnutí. Stereotypní praxe učení založená na opakovaném vystavení učebního materiálu bez dalšího zpracování není efektivní strategií učení narozdíl od praxe elaborativního kódování a vybavování metodou sebetestování.

Karpicke, Butler a Roediger (2009) upozornili na náchylnost k iluzi kompetence prostřednictvím opakovaného vystavování učebního materiálu. Na základě výzkumu strategie učení u vysokoškolských studentů zjistili, že 55 % studentů obvykle opakovaně čte své poznámky nebo učební texty, 12 % přepisuje poznámky, ale pouze 11 % studentů praktikuje vybavování během učení, přestože se jedná o jednu z neúčinnějších metod zpracování informací.

Funkční techniky učení mohou být kontradiktorní ve vztahu k naší intuici, jako v případě domněnky, že intenzita a objem učení je hlavní podmínkou úspěšnosti vybavování. Příliš často a příliš mnoho učení však neznamena lepší výsledky. Rozložené učení do krátkých a čtenějších jednotek je naproti tomu funkční strategií učení.

Na základě rešerší a analýzy kognitivních teorií učení (kapitola č. 7) jsme navrhli (kapitola č. 8) doporučení pro zakotvení do androdiaktického rámce kognitivní strategie učení: **efekt testování, rozložené učení a elaborativní učení.**

## ZÁVĚR

V diplomové práci jsme se pokusili přiblížit širokou oblast učení z kognitivní perspektivy paradigmatem procesů zpracování informací se zaměřením na učení dospělých. Zabývali jsme evolučně-biologickými a fyziologickými podklady učení, uvedli jsme genezi teoretického a experimentálního výzkumu v této oblasti a empirickou evidenci o strukturálních a funkčních podkladech celoživotního učení.

Nastínili jsme souvislosti vývoje výzkumu učení a smysl vzniku kognitivního paradigmatu procesů zpracování informací. Přirovnání lidské mysli k počítači sice není z dnešního pohledu příléhavé, nicméně od nástupu kognitivního výzkumu učení, který je rozprostřen na interdisciplinárním půdorysu kognitivních věd, je umožněno zkoumat strukturu a procesy učení ve zcela nové perspektivě.

Analyzovali jsme vybrané portfolium kognitivních teorií učení, které explikují fáze kódování, uchování a vybavování v základním modelu kognitivních procesů učení. Kognitivní teorie učení stojí především na experimentálním výzkumu, jehož metodologické limity jsme kriticky zhodnotili. Nepochybujeme však o užitečnosti kognitivně-experimentálního výzkumu učení pro androdidaktickou praxi a výstavbu technologie vzdělávání dospělých.

Ze shromážděných poznatků o účinnosti různého typu zpracování informací vyplývá lepší uchování smysluplně uspořádaných informací s osobní, prostorovou nebo emoční složkou, které jsou zpracovány více než jedním způsobem. Elaborativní učení je funkčním nástrojem pro kódování nových informací do dlouhodobé paměti.

Klíčovou strategií učení je praxe vybavování neboli zpětného získávání informací z paměti, namísto opakovaného vystavení učebního materiálu, které je méně účinné. Efekt testování je podložen empirickou evidencí, stejně jako rozložené učení, které představuje efektivní strategii pro uchování většího množství poznatků v delším retenčním intervalu.

Uvedli jsme zhodnocení klíčových kognitivních procesů učení pro didaktické využití ve vzdělávání dospělých. Závěrem lze konstatovat, že byl naplněn záměr a stanovený cíl této práce.

## UŽITÉ ZDROJE

- Ahuja, S., Chen, R. K., Kam, K., Pettibone, W. D., Osorio, R. S., & Varga, A. W. (2018). Role of normal sleep and sleep apnea in human memory processing. *Nature and science of sleep, 10*, 255.
- Amici, F., Sánchez-Amaro, A., Sebastián-Enesco, C., Cacchione, T., Allritz, M., Salazar-Bonet, J., & Rossano, F. (2019). The word order of languages predicts native speakers' working memory. *Scientific reports, 9*(1), 1124.
- Anderson, J. R. (1983). A spreading activation theory of memory. *Journal of verbal learning and verbal behavior, 22*(3), 261-295.
- Anderson, J. R. (1993). *Problem solving and learning*. *American Psychologist, 48*(1), 35.
- Anderson, J. R., & Bower, G. H. (1974). A propositional theory of recognition memory. *Memory & Cognition, 2*(3), 406-412.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes<sup>1</sup>. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 2, pp. 89-195). Academic Press.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47-89). Academic press.
- Baddeley, A. (1978). The trouble with levels: A reexamination of Craik and Lockhart's framework for memory research. *Psychological Review, 85*(3), 139-152.
- Baddeley, A. D., & Longman, D. J. A. (1978). The influence of length and frequency of training session on the rate of learning to type. *Ergonomics, 21*(8), 627-635.
- Baddeley, A. (1999). *Vaše paměť*. Books.
- Baddeley, A. (2000). *The episodic buffer: a new component of working memory?*. *Trends in cognitive sciences, 4*(11), 417-423.
- Baddeley, A. (2003). *Working memory: looking back and looking forward*. *Nature Reviews Neuroscience, 4*(10), 829-839.
- Baird, H. P. (1979). Maintenance of knowledge: Questions about memory we forgot to ask. *Journal of Experimental Psychology: General, 108*(3), 296.

- Bahrick, H. P. (1984). Semantic memory content in permastore: Fifty years of memory for Spanish learned in school. *Journal of experimental psychology: General*, 113(1), 1.
- Bahrick, H. P., & Phelps, E. (1987). Retention of Spanish vocabulary over 8 years. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13(2), 344.
- Bahrick, H. P., Bahrick, L. E., Bahrick, A. S., & Bahrick, P. E. (1993). Maintenance of foreign language vocabulary and the spacing effect. *Psychological Science*, 4(5), 316-321.
- Ballard, P. B. (1913). Oblivescence and reminiscence. *British Journal of Psychology. Monograph Supplements*, 1, 1-82.
- Barrett, L., Dunbar, R. & Lycett, J. (2007). *Evoluční psychologie člověka*. Portál.
- Bartlett, F. C. (1932). *Remembering: A Study in Experimental and Social Psychology*. Cambridge University Press.
- Bateson, G. (1973). *Steps to an Ecology of Mind: Collected Essays in Anthropology, Psychiatry, Evolution and Epistemology*. Paladine.
- Bradley, B. P., & Baddeley, A. D. (1990). Emotional factors in forgetting. *Psychological Medicine*, 20(2), 351-355.
- Bransford, J. D., & Johnson, M. K. (1972). Contextual prerequisites for understanding: Some investigations of comprehension and recall. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 11(6), 717-726.
- Bechara, A., & Damasio, A. R. (2005). The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision. *Games and economic behavior*, 52(2), 336-372.
- Beneš, M. (2008). *Andragogika*. Grada Publishing.
- Beneš, M. (2014). *Andragogika. 2., aktualizované a rozšířené vydání*. Grada Publishing.
- Berkers, R. M., Ekman, M., van Dongen, E. V., Takashima, A., Barth, M., Paller, K. A., & Fernández, G. (2018). Cued reactivation during slow-wave sleep induces brain connectivity changes related to memory stabilization. *Scientific reports*, 8(1), 16958.
- Berman, M. G., Jonides, J., & Kaplan, S. (2008). The cognitive benefits of interacting with nature. *Psychological science*, 19(12), 1207-1212.
- Bird, C. M., & Burgess, N. (2008). The hippocampus and memory: insights from spatial processing. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(3)

- Bjork, R. A., & Bjork, E. L. (1992). A new theory of disuse and an old theory of stimulus fluctuation. *From learning processes to cognitive processes: Essays in honor of William K. Estes*, 2, 35-67.
- Bloom, B. S. (ed.). *Taxonomy of Educational Objectives. Vol. 1: Cognitive Domain*. New York: McKay, 1956.
- Bloom, K. C., & Shuell, T. J. (1981). Effects of massed and distributed practice on the learning and retention of second-language vocabulary. *The Journal of Educational Research*, 74(4), 245-248.
- Bloom, P. (2015). *Jak se děti učí významu slov*. Karolinum
- Boldrini, M., Fulmore, C. A., Tartt, A. N., Simeon, L. R., Pavlova, I., Poposka, V. & Hen, R. (2018). Human hippocampal neurogenesis persists throughout aging. *Cell Stem Cell*, 22(4), 589-599.
- Bousfield, W. A., Sedgewick, C. H. W., & Cohen, B. H. (1954). Certain temporal characteristics of the recall of verbal associates. *The American Journal of Psychology*, 67(1), 111-118.
- Bower, G. H., Clark, M. C., Lesgold, A. M., & Winzenz, D. (1969). Hierarchical retrieval schemes in recall of categorized word lists. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8(3), 323-343.
- Bower, G. H., Black, J. B., & Turner, T. J. (1979). Scripts in memory for text. *Cognitive psychology*, 11(2), 177-220.
- Brashers-Krug, T., Shadmehr, R., & Bizzi, E. (1996). Consolidation in human motor memory. *Nature*, 382(6588), 252.
- Briggs, G. G., Hawkins, S., & Crovitz, H. F. (1970). Bizarre images in artificial memory. *Psychonomic Science*, 19(6), 353-354
- Broadbent, D. E. (2013). *Perception and communication*. Elsevier.
- Brockman, J. (Eds.). (2008). *Třetí kultura: za hranice vědecké revoluce*. Praha: Academia.
- Brown, S. C., & Craik, F. I. (2000). Encoding and retrieval of information. *The Oxford handbook of memory*, 93-107.
- Brown, P. C., Roediger, H. L., & McDaniel, M. A. (2017). *Nauč se to! Jak se s pomocí vědy efektivněji učit a více si pamatovat*. Jan Melvil Publishing.

- Bruner, J. S., Goodnow, J. J., & Austin, G. A. (1956). *A study of thinking*. New York.
- Bruner, J. S. (1965). *Vzdělávací proces*. SPN.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2015). *Druhý věk strojů. Práce, pokrok a prosperita v éře špičkových technologií*. Jan Melvil Publishing.
- Call, J., & Tomasello, M. (2008). *Does the chimpanzee have a theory of mind? 30 years later*. *Trends in cognitive sciences*, 12(5), 187-192.
- Callender, A. A., & McDaniel, M. A. (2009). The limited benefits of rereading educational texts. *Contemporary Educational Psychology*, 34(1), 30-41.
- Cameron, K. A., Yashar, S., Wilson, C. L., & Fried, I. (2001). Human hippocampal neurons predict how well word pairs will be remembered. *Neuron*, 30(1), 289-298.
- Carey, B. (2015). *Jak se učíme*. Bizbooks.
- Cepeda, N. J., Pashler, H., Vul, E., Wixted, J. T., & Rohrer, D. (2006). Distributed practice in verbal recall tasks: A review and quantitative synthesis. *Psychological bulletin*, 132(3), 354.
- Cepeda, N. J., Vul, E., Rohrer, D., Wixted, J. T., & Pashler, H. (2008). Spacing effects in learning: A temporal ridgeline of optimal retention. *Psychological science*, 19(11), 1095-1102.
- Cohen, G. (1990). Why is it difficult to put names to faces?. *British Journal of Psychology*, 81(3), 287-297.
- Craik, F. I., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 11(6), 671-684.
- Craik, F. I., & Watkins, M. J. (1973). The role of rehearsal in short-term memory. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 12(6), 599-607.
- Craik, F. I., & Tulving, E. (1975). Depth of processing and the retention of words in episodic memory. *Journal of experimental Psychology: general*, 104(3), 268.
- Craik, F. I. (2002). Levels of processing: Past, present... and future?. *Memory*, 10(5/6), 305-318.
- Craik, F. I., & Lockhart, R. S. (2008). Levels of processing and Zinchenko's approach to memory research. *Journal of Russian & East European Psychology*, 46(6), 52-60.
- Cumminsová, D. D. (2006). *Záhady experimentální psychologie*. Praha: Portál.



- Dail, T. K., & Christina, R. W. (2004). Distribution of practice and metacognition in learning and long-term retention of a discrete motor task. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 75(2), 148-155.
- Damasio, A. R. (2000). *Descartesův omyl: emoce, rozum a lidský mozek*. Mladá fronta.
- Damasio, A. R. (2004). *Hledání Spinozy: radost, strast a citový mozek*. dybbuk.
- Darwin, Ch. (2007). *O vzniku druhů přírodním výběrem*. Academia.
- De Waal, F. (2006). *Dobráci od přírody*. Academia.
- Dewey, J. (1947). *O pramenech vychovatelské vědy*. Praha: Samec.
- Disman, M. (2002). *Jak se vyrábí sociologická znalost*. Praha: Karolinum
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *Biol Teach*. 35, s. 125-129.
- Dunbar, R. (2009). *Příběh rodu Homo*. Praha: Academia.
- Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013). Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), 4-58.
- Dvořáková, M. (2012). Teorie transformativního učení (se) dospělých. *Studia paedagogica*, 17(1), 59-74.
- Dvořáková, M., & Šerák, M. (2016). *Andragogika a vzdělávání dospělých*. Praha: Karlova Univerzita.
- Einstein, G. O., & McDaniel, M. A. (1987). Distinctiveness and the mnemonic benefits of bizarre imagery. In *Imagery and related mnemonic processes* (pp. 78-102). Springer.
- Eysenck, M. W. (1978). Levels of processing: A critique. *British Journal of Psychology*, 69(2), 157-169.
- Eysenck, M. W. (1978). Levels of processing: A reply to Lockhart and Craik. *British Journal of Psychology*, 69(2), 177-178.
- Eysenck, M. W., & Eysenck, M. C. (1980). Effects of processing depth, distinctiveness, and word frequency on retention. *British journal of psychology*, 71(2), 263-274.
- Eysenck, M. W., & Keane, M. T. (2008). *Kognitivní psychologie*. Praha: Academia.

- Feldmann, H., Brand-Jakobi, J., & Gmuerem, M. (1994). *Kompendium lékařské psychologie: Pro studující a lékaře*. Victoria publishing.
- Finn, B., & Roediger III, H. L. (2011). Enhancing retention through reconsolidation: Negative emotional arousal following retrieval enhances later recall. *Psychological Science*, 22(6), 781-786.
- Flegr, J. (2009). *Evoluční biologie*. Praha: Academia.
- Floridi, L. (2015). Semantic Conceptions of Information. *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (First published 2005). Edward N. Zalta (ed.). Dostupné z: <https://plato.stanford.edu/entries/information-semantic/>
- Fodor, J. A. (1983). *The modularity of mind: An essay on faculty psychology*. MIT press
- Foer, J. (2012). *Šetři se Einsteine! Jak si zapamatovat úplně cokoli*. JOTA.
- Fyziologický ústav AV ČR - oddělení Neurofyziologie paměti. (2018). Dostupné z: [http://memory.biomed.cas.cz/332/www332\\_CZ/vyukove\\_materialy.html](http://memory.biomed.cas.cz/332/www332_CZ/vyukove_materialy.html)
- Gabrieli, J. D., Desmond, J. E., Demb, J. B., Wagner, A. D., Stone, M. V., Vaidya, C. J., & Glover, G. H. (1996). Functional magnetic resonance imaging of semantic memory processes in the frontal lobes. *Psychological Science*, 7(5), 278-283.
- Gagné, R. M. (1975). *Podmínky učení*. SPN.
- Gelbard-Sagiv, H., Mukamel, R., Harel, M., Malach, R., & Fried, I. (2008). Internally generated reactivation of single neurons in human hippocampus during free recall. *Science*, 322(5898), 96-101.
- Glanzer, M., & Cunitz, A. R. (1966). Two storage mechanisms in free recall. *Journal of verbal learning and verbal behavior*, 5(4), 351-360.
- Glenberg, A. M. (1979). Component-levels theory of the effects of spacing of repetitions on recall and recognition. *Memory & Cognition*, 7(2), 95-112.
- Godden, D. R., & Baddeley, A. D. (1975). Context-dependent memory in two natural environments: On land and underwater. *British Journal of psychology*, 66(3), 325-331.
- Goldberg, E., (2004). *Jak nás mozek civilizuje: čelní laloky a řídicí funkce mozku*. Karolinum.
- Goldberg, E. (2006). *Paradox moudrosti: jak být duševně výkonnější, přestože mozek stárne*. Karolinum.

- Goleman, D. (2014). *Pozornost: Skrytá cesta k dokonalosti*. Jan Melvil Publishing.
- Hartl, P. (1999). *Kompendium pedagogické psychologie dospělých*. Karolinum.
- Hartl, P., Hartlová-Císařová, H., & Nepraš, K. (2010). *Velký psychologický slovník*. Portál.
- Hartl, P., & Hartlová, H. (2015). *Psychologický slovník*. Portál.
- Hartshorne, J. K., & Germine, L. T. (2015). When does cognitive functioning peak? The asynchronous rise and fall of different cognitive abilities across the life span. *Psychological science*, 26(4), 433-443.
- Hartshorne, J. K., Tenenbaum, J. B., & Pinker, S. (2018). A critical period for second language acquisition: evidence from 2/3 million English speakers. *Cognition*, 177, 263-277.
- Hatemi, P. K., Funk, C. L., Medland, S. E., Maes, H. M., Silberg, J. L., Martin, N. G., & Eaves, L. J. (2009). *Genetic and Environmental Transmission of Political Attitudes Over a Life Time*. *Journal Of Politics*, 71(3), 1141-1156
- Hatemi, P. K., & McDermott, R. (2012). *The genetics of politics: discovery, challenges, and progress*. *Trends In Genetics: TIG*, 28(10), 525-533.
- Healy, A. F., Gluck, M. A., Nosofsky, R. M., & Shiffrin, R. M. (2012). *William K. Estes (1919–2011)*. *American Psychologist*, 67(7), 570-571.
- Hebb, D. O. (1949). *The organization of behavior: A neuropsychological approach*. John Wiley & Sons.
- Henrich, J., Heine, S. J., & Norenzayan, A. (2010). The weirdest people in the world?. *Behavioral and brain sciences*, 33(2-3), 61-83.
- Hovland C. (1952) *Clark Leonard Hull, 1884-1952*. *Psychological Review*. September 1952;59(5):347-350
- Hoskovec, J., Nakonečný, M., & Sedláková, M. (2002). *Psychologie XX. století: některé významné směry a školy*. Karolinum.
- Howard, P. J. (1998). *Příručka pro uživatele mozku*. Praha: Portál.
- Hyde, T. S., & Jenkins, J. J. (1973). Recall for words as a function of semantic, graphic, and syntactic orienting tasks. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 12(5), 471-480.

- Hume, D. (1748; 1996). *Zkoumání lidského rozumu*. Svoboda.
- Chalupa, B. (2007). *Psychologie dnes a zítra*. Littera.
- Chalupa, B. (2009). *Psychodiagnostické studie*. Littera.
- Chalupa, B. (2010). *Pokroky kognitivní psychologie*. Littera.
- Chalupa, B. (2015a). *Mentální slovník*. Littera.
- Chalupa, B. (2015b). Jak je to vlastně s mentálním slovníkem. *Universitas-revue Masarykovy univerzity*
- Cheng, P. W., & Buehner, M. J. (2012). Causal learning. *The oxford handbook of thinking and reasoning*, 210-233.
- Chomsky, N. (1957). *Logical structures in language*. *American Documentation*, 8(4), 284-291.
- Jeong, S. H., & Hwang, Y. (2016). Media multitasking effects on cognitive vs. attitudinal outcomes: A meta-analysis. *Human Communication Research*, 42(4), 599-618.
- Jezeck, K., Henriksen, E. J., Treves, A., Moser, E. I., & Moser, M. B. (2011). Theta-paced flickering between place-cell maps in the hippocampus. *Nature*, 478(7368), 246.
- Jezeck, K. (2016). *Teleportace a její (ne)turistické perspektivy*. Biologické čtvrtky ve Viničné. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=dTbSK-fNQQg&t=2167s>
- Jost, A. (1897). Die Assoziationsfestigkeit in ihrer Abhängigkeit von der Verteilung der Wiederholungen. *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane*, 14, 436-472.
- Kahneman, D. (2012). *Myšlení, rychlé a pomalé*. Jan Melvil Publishing.
- Kapler, I. V., Weston, T., & Wiseheart, M. (2015). Spacing in a simulated undergraduate classroom: Long-term benefits for factual and higher-level learning. *Learning and Instruction*, 36, 38-45.
- Karpicke, J. D., Butler, A. C., & Roediger III, H. L. (2009). Metacognitive strategies in student learning: do students practise retrieval when they study on their own?. *Memory*, 17(4), 471-479.
- Kiverstein, J., & Miller, M. (2015). The embodied brain: towards a radical embodied cognitive neuroscience. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 237.

- Knowles, M. S. (1984). *Andragogy In Action: Applying Modern Principles Of Adult Learning* (The Jossey-Bass Higher Education Series). San Francisco.
- Koedinger, K. R., & Roll, I. (2012). Learning to think: Cognitive mechanisms of knowledge transfer. In *The Oxford handbook of thinking and reasoning*.
- Komenský, J. A. (1646; 1946). *Analytická didaktika*. Praha: Samec.
- Koriat, A., & Goldsmith, M. (1996). Memory metaphors and the real-life/laboratory controversy: Correspondence versus storehouse conceptions of memory. *Behavioral and Brain Sciences*, 19(2), 167-188.
- Koriat, A., & Bjork, R. A. (2005). Illusions of competence in monitoring one's knowledge during study. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(2), 187.
- Kotásek, J., & Škoda, K. (1966). *Teorie vzdělávání dospělých: vybrané kapitoly*. SPN.
- Koukolík, F. (2008). *Před úsvitem, po ránu: eseje o dětech a rodičích*. Karolinum.
- Koukolík, F. (2012). *Lidský mozek*. Galén.
- Koukolík, F. (2013). *Já.: O mozku, vědomí a sebeuvědomování*. Karolinum
- Koukolík, F. (2014a). *Mozek a jeho duše*. Galén.
- Koukolík, F. (2014b). *Metuzalém: O stárnutí a stáří*. Karolinum.
- Koukolík, F. (2016). *Sociální mozek*. Karolinum.
- Koukolík, F. (2018). *O lidech a životě*. Galén.
- Kulič, V. (1992). *Psychologie řízeného učení*. Academia.
- Kvavilashvili, L., & Ellis, J. (2004). Ecological validity and twenty years of real-life/laboratory controversy in memory research: A critical (and historical) review. *History and Philosophy of Psychology*.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (2002). *Metafory, kterými žijeme*. Host.
- LeDoux, J. E. (2012). Evolution of human emotion: a view through fear. In *Progress in brain research* (Vol. 195, pp. 431-442). Elsevier.
- Lee, D. J. & Lozano, A. M. (2017). *Deep Brain Stimulation for Memory Deficits*. Psychiatric Times. October 24.
- Liessmann, K. P. (2009). *Teorie nevzdělanosti*. Academia.
- Linhart, J. (1967). *Psychologie učení*. Státní pedagogické nakladatelství.

- Linhart, J. (1972). *Proces a struktura lidského učení*. Academia.
- Lockhart, R. S., & Craik, F. I. (1978). Levels of processing: A reply to Eysenck. *British Journal of Psychology*, 69(2), 171-175.
- Lockhart, R. S., & Craik, F. I. (1990). Levels of processing: A retrospective commentary on a framework for memory research. *Canadian Journal Of Psychology/Revue Canadienne De Psychologie*, 44(1), 87-112.
- Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, 95(4), 492-527.
- MacLean, P., & Ashbrook, J. B. (1993). On the evolution of three mentalities. *Brain, culture, & the human spirit: Essays from an emergent evolutionary perspective*, 15-44.
- Mareš, J. (2013a). *Přehledové studie: jejich typologie, funkce a způsob vytváření*. *Pedagogická orientace*. 23(4), 427-454.
- Mareš, J. (2013b). *Pedagogická psychologie*. Portál
- Massa, L. J., & Mayer, R. E. (2006). Testing the ATI hypothesis: Should multimedia instruction accommodate verbalizer-visualizer cognitive style?. *Learning and Individual Differences*, 16(4), 321-335.
- McDaniel, M. A., & Donnelly, C. M. (1996). Learning with analogy and elaborative interrogation
- Merriam-Webster dictionary (2018). *Cognitive science*. Citováno dne 23. září 2017.  
Dostupné z: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/cognitive%20science>
- Miller, G. A. (1956). *The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information*. *Psychological review*, 63(2), 81.
- Miller, G. A. (2003). *The cognitive revolution: a historical perspective*. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 141-144.
- Morris, C. D., Bransford, J. D., & Franks, J. J. (1977). Levels of processing versus transfer appropriate processing. *Journal of Memory and Language*, 16(5), 519.
- Morris, J., & Sah, P. (2016). Neuroscience and education: Mind the gap. *Australian Journal Of Education (Sage Publications Ltd.)*, 60(2)
- Mlodinow, A. (2013). *Vědomí podvědomí*. Dokořán.
- Mužík, J. (1998). *Andragogická didaktika*. Codex Bohemia.

- Mužík, J. (2004). *Androdidaktika*. Aspi.
- Myslivoček, J. (2003). *Základy neurovědy*. Praha: Triton.
- Nadel, L., Samsonovich, A., Ryan, L., & Moscovitch, M. (2000). Multiple trace theory of human memory: computational, neuroimaging, and neuropsychological results. *Hippocampus*, 10(4), 352-368.
- Nadel, L., Hupbach, A., Gomez, R., & Newman-Smith, K. (2012). Memory formation, consolidation and transformation. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(7), 1640-1645.
- Nairne, J. S. (2002). The myth of the encoding-retrieval match. *Memory*, 10(5-6), 389-395.
- Neisser, U. (2014). *Cognitive psychology: Classic edition*. Psychology Press.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving* (Vol. 104, No. 9). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Newport, C. (2016). *Hluboká práce*. Jan Melvil Publishing.
- Paivio, A. (1969). Mental imagery in associative learning and memory. *Psychological review*, 76(3), 241.
- Pakkenberg, B., Pelvig, D., Marner, L., Bundgaard, M. J., Gundersen, H. J. G., Nyengaard, J. R., & Regeur, L. (2003). Aging and the human neocortex. *Experimental gerontology*, 38(1-2), 95-99
- Palán, Z. (2002). *Základy Andragogiky*. Vysoká škola J. A. Komenského s.r.o.
- Parkin, A. J. (1979). Specifying levels of processing. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 31(2), 175-195.
- Petrů, M. (2007). *Fyziologie mysli: úvod do kognitivní vědy*. Triton.
- Piaget, J. (1966). *Psychologie inteligence*. Státní pedagogické nakladatelství.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1970). *Psychologie dítěte*. Státní pedagogické nakladatelství.
- Pinker, S. (2009). *Jazykový instinkt: Jak mysl vytvoří jazyk*. dybbuk.
- Pinker, S. (2008). *Slova a pravidla (Words and Rules)*. Academia Praha.
- Plamínek, J. (2014). *Vzdělávání dospělých*. Praha: Grada.
- Plháková, A. (1999). *Přístupy ke studiu inteligence*. Univerzita Palackého, Filozofická fakulta.

- Plháková, A. (2005). *Učebnice obecné psychologie*. Academia
- Plháková, A. (2006). *Dějiny psychologie*. Praha: Grada.
- Plomin, R., & Daniels, D. (2011). *Why are children in the same family so different from one another?* *International Journal Of Epidemiology*, 40(3), 563-582.
- Popper, K. R. (1995). *Věčné hledání: Intelektuální autobiografie*. Prostor.
- Příbram, K. H. (1974). *O biologii učení. O biologických prvcích kognitivních procesů v lidské mysli*. Praha, Academia.
- Průcha, J. & J. Veteška. (2012). *Andragogický slovník*. Grada Publishing.
- Průcha, J. & J. Veteška. (2014). *Andragogický slovník: 2., aktualizované a rozšířené vydání*. Grada Publishing.
- Prusáková, V. (2005). *Základy andragogiky*. Gerlach Print.
- Putnam, A. L., Sungkhasettee, V. W., & Roediger III, H. L. (2016). Optimizing learning in college: tips from cognitive psychology. *Perspectives on Psychological Science*, 11(5), 652-660.
- Reigeluth, C. M. (1979). In search of a better way to organize instruction: The elaboration theory. *Journal of Instructional Development*, 2(3), 8-15.
- Reigeluth, C. M. (1992). Elaborating the elaboration theory. *Educational Technology Research and Development*, 40(3), 80-86.
- Richerson, P. J., & Boyd, R. (2012). *V genech není všechno, aneb, jak kultura změnila evoluci člověka*. Academia.
- Ritchey, G. H., & Beal, C. R. (1980). Image detail and recall: Evidence for within-item elaboration. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6(1), 66.
- Roediger, H. L. (1980a). *Memory metaphors in cognitive psychology*. *Memory & Cognition*, 8(3), 231-246.
- Roediger, H. L. (1980b). The effectiveness of four mnemonics in ordering recall. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6(5), 558.
- Roediger, H. L. (1990). Implicit memory: Retention without remembering. *American psychologist*, 45(9), 1043-1056.



- Roediger III, H. L., & Karpicke, J. D. (2006a). Test-enhanced learning: Taking memory tests improves long-term retention. *Psychological science*, 17(3), 249-255.
- Roediger III, H. L., & Karpicke, J. D. (2006b). The power of testing memory: Basic research and implications for educational practice. *Perspectives on Psychological Science*, 1(3), 181-210.
- Roediger, H. L., & Karpicke, J. D. (2008). The critical importance of retrieval for learning. *science*, 319(5865), 966-968.
- Roediger, H. L., III, & Karpicke, J. D. (2018). Reflections on the resurgence of interest in the testing effect. *Perspectives on Psychological Science*, 13(2), 236–241.
- Rogers, T. B., Kuiper, N. A., & Kirker, W. S. (1977). Self-reference and the encoding of personal information. *Journal of personality and social psychology*, 35(9), 677.
- Rohrer, D., & Pashler, H. (2012). Learning Styles: Where's the Evidence?. *Online Submission*, 46(7), 634-635.
- Rosling, H., Rosling, O. & Rosling-Rönnlund, A. (2018). *Faktomluva: Deset důvodů, proč se mýlíme v pohledu na svět – a proč jsou věci lepší, než vypadají*. Jan Melvil Publishing.
- Rubin, D. C. (2006). The basic-systems model of episodic memory. *Perspectives on Psychological Science*, 1(4), 277-311.
- Runquist, W. N. (1983). Some effects of remembering on forgetting. *Memory & Cognition*, 11(6), 641-650.
- Sardi, S., Vardi, R., Goldental, A., Sheinin, A., Uzan, H., & Kanter, I. (2018). Adaptive nodes enrich nonlinear cooperative learning beyond traditional adaptation by links. *Scientific reports*, 8(1), 5100.
- Scoville, W. B., & Milner, B. (1957). Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry*, 20(1), 11.
- Sedláková, M. (2004). *Vybrané kapitoly z kognitivní psychologie: mentální reprezentace a mentální modely*. Grada.
- Sedláková, M. (2013). *Mentální reprezentace: formy, druhy a vlastnosti*. Feedback, 44(I29).
- Semon, R. W. (1921). *The mneme*. G. Allen & Unwin Limited.

- Shanahan, L. K., Gjorgieva, E., Paller, K. A., Kahnt, T., & Gottfried, J. A. (2018). Odor-evoked category reactivation in human ventromedial prefrontal cortex during sleep promotes memory consolidation. *eLife*, 7, e39681.
- Schank, R. C., & Abelson, R. P. (2013). *Scripts, plans, goals, and understanding: An inquiry into human knowledge structures*. Psychology Press.
- Schacter, D. L. (2003). *Sedm hříchů paměti: jak si pamatujeme a zapomínáme*. Paseka.
- Simon, H. A. (1980). Cognitive science: The newest science of the artificial. *Cognitive science*, 4(1), 33-46.
- Slamecka, N. J. (1960). Retroactive inhibition of connected discourse as a function of practice level. *Journal of Experimental Psychology*, 59(2), 104.
- Smith, S. M., & Rothkopf, E. Z. (1984). Contextual enrichment and distribution of practice in the classroom. *Cognition and Instruction*, 1(3), 341-358.
- Sorrells, S. F., Paredes, M. F., Cebrian-Silla, A., Sandoval, K., Qi, D., Kelley, K. W., ... & Chang, E. F. (2018). Human hippocampal neurogenesis drops sharply in children to undetectable levels in adults. *Nature*, 555(7696), 377.
- Sovák, M. (1985). *Biologické základy učení*. Státní pedagogické nakladatelství.
- Squire, L. R. (1986). Mechanisms of memory. *Science*, 232(4758), 1612-1619.
- Squire, L. R. (1992). Declarative and nondeclarative memory: Multiple brain systems supporting learning and memory. *Journal of cognitive neuroscience*, 4(3), 232-243.
- Squire, L. R. (2009). The legacy of patient HM for neuroscience. *Neuron*, 61(1), 6-9.
- Spitzer, M. (2014). *Digitální demence*. Host.
- Sternberg, R. J. (2009). *Kognitivní psychologie*. Portál.
- Šimek, D. (1995). Andragogika na pokraji vědy. *S-Obzor*, roč. 4, č. 2-3, s. 97-99.
- Špatenková, N., & Smékalová, L. (2015). *Edukace seniorů: Geragogika a gerontodidaktika*. Grada
- Švancara, J. (1994). *Úvod do kognitivní psychologie*. Masarykova univerzita.
- Tambini, A., Ketz, N., & Davachi, L. (2010). Enhanced brain correlations during rest are related to memory for recent experiences. *Neuron*, 65(2), 280-290.
- Thagard, P. (2001). *Úvod do kognitivní vědy: mysl a myšlení*. Portál.

- Thalheimer, W. (2010). *How Much Do People Forget?* Work-Learning Research Document. Somerville. November 31, 2011. Dostupné z: <http://www.work-learning.com/catalog.htm>
- Thomas, N. J. (2014). Mental Imagery. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. (1997 First Edition). Edward N. Zalta (ed.) Dostupné z: <https://plato.stanford.edu/entries/mental-imagery/index.html>
- Thorndike, E. L., Bregman, E. O., Tilton, J., & Woodyard, E. (1928). *Adult learning*.
- Titchener, E. B. (1898). The postulates of a structural psychology. *The Philosophical Review*, 7(5), 449-465.
- Toyota, H. (1997). Effects of between-item, within-item, and autobiographical elaborations on incidental free recall. *Perceptual and Motor Skills*, 85(3\_suppl), 1279-1287.
- Treisman, A. M. (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12(4), 242-248.
- Tulving, E. (1962). Subjective organization in free recall of "unrelated" words. *Psychological review*, 69(4), 344.
- Tulving, E. (1966). Subjective organization and effects of repetition in multi-trial free-recall learning. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 5(2), 193-197.
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. *Organization of memory*, 1, 381-403.
- Tulving, E. (1974). Cue-dependent forgetting: When we forget something we once knew, it does not necessarily mean that the memory trace has been lost; it may only be inaccessible. *American Scientist*, 62(1), 74-82.
- Tulving, E., & Thomson, D. M. (1973). Encoding specificity and retrieval processes in episodic memory. *Psychological review*, 80(5), 352.
- Ucross, C. G. (1989). Mood state-dependent memory: A meta-analysis. *Cognition and emotion*, 3(2), 139-169.
- Underwood, B. J. (1957). Interference and forgetting. *Psychological Review*, 64(1), 49.
- Underwood, B. J. (1969). Attributes of memory. *Psychological Review*, 76(6), 559-573.
- Vágnerová, M. (2005). *Základy psychologie*. Karolinum Press.

- Vágnerová, M. (2016). *Obecná psychologie: Dílčí aspekty lidské psychiky a jejich orgánový základ*. Karolinum Press.
- Wagner, R. K., & Sternberg, R. J. (1985). Practical intelligence in real-world pursuits: The role of tacit knowledge. *Journal of personality and social psychology*, 49(2), 436.
- Valenta, O. (2006). Andragogika podle Knowlese. *AUPO: Sociologica–Andragogica*, 149-155.
- Weingartner, H., & Parker, E. S. (Eds.). (2014). *Memory consolidation: Psychobiology of cognition*. Psychology Press.
- Whittemore, R., & Knafl, K. (2005). *The integrative review: updated methodology*. *Journal Of Advanced Nursing*, 52(5), 546-553.
- Willingham, D. B. (1997). Systems of memory in the human brain. *Neuron*, 18(1),5-8.
- Wilson, B., & Cole, P. (1992). A critical review of elaboration theory. *Educational Technology Research and Development*, 40(3), 63-79.
- Wilson, M. A., & McNaughton, B. L. (1994). Reactivation of hippocampal ensemble memories during sleep. *Science*, 265(5172), 676-679.
- Wozniak, P. A., & Gorzelanczyk, E. J. (1994). Optimization of repetition spacing in the practice of learning. *Acta neurobiologiae experimentalis*, 54, 59-59.
- Wright, D. B. (2016). Learning from others in an educational context: Findings from cognitive psychology. *Journal Of Cognitive Education And Psychology*, 15(1), 146-157.
- Züst, M. A., Ruch, S., Wiest, R., & Henke, K. (2019). Implicit Vocabulary Learning during Sleep Is Bound to Slow-Wave Peaks. *Current Biology*.

## Seznam obrázků

- Obr. 1: Interdisciplinarita kognitivního výzkumu učení
- Obr. 2: Schéma procesu učení (podle: Plamínek, 2014)
- Obr. 3: Definiční schéma informace (podle: Floridi, 2015)
- Obr. 4: Základní model kognitivních procesů učení
- Obr. 5: Neurobiologický podklad učení (podle: Lee a Lozano, 2017)
- Obr. 6: Víceúrovňový model paměti (podle: Atkinson & Shiffrin, 1968)
- Obr. 7: Vícesložkový model pracovní paměti (podle: Koukolík, 2012)
- Obr. 8: Vybavení v intervalech uchování (podle: Roediger & Karpicke, 2006a)
- Obr. 9: Typické uspořádání studie efektu rozloženého učení. Studijní jednotky jsou odděleny různou mezerou. Mezera mezi posledním vystavením učiva a závěrečným testem se nazývá retenční interval (podle: Cepeda et al., 2008)

## Seznam tabulek

- Tab. 1: Epizodická a sémantická paměť (podle: Tulving, 1972; Koukolík, 2012)
- Tab. 2: Taxonomie systémů učení a dlouhodobé paměti (podle: Squire, 1986; Bird & Burgess, 2008; Koukolík, 2012)
- Tab. 3: Funkce paměťových systémů (podle: Willingham, 1997; Koukolík, 2012)
- Tab. 4: Implicitní a explicitní učení podle systémů paměti
- Tab. 5: Typické otázky a odpovědi ve studii Craika a Tulvinga (1975)
- Tab. 6: Model optimálního intervalu mezi počátečním a dalším opakováním podle stanoveného termínu předpokládaného vybavení (podle: Carey, 2015)
- Tab. 7: Kognitivní teorie učení a příslušný teoretický a experimentální výzkum
- Tab. 8: Procesy učení v kontextu práce J. A. Komenského a kognitivního výzkumu učení