

Univerzita Karlova  
Pedagogická fakulta  
Katedra psychologie

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Raná ontogeneze časové percepce  
Early ontogenesis of time perception

Kateřina Dörflová

Vedoucí práce: PhDr. RNDr. Tereza Nekovářová, Ph.D.  
Studijní program: Psychologie  
Studijní obor: Psychologie s rozšířením o speciální pedagogiku

Odevzdáním této bakalářské práce na téma Raná ontogeneze časové percepce potvrzuji, že jsem ji vypracoval/a pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne 19. 4. 2022

Tímto bych ráda vyjádřila velkou vděčnost vedoucí mé práce, PhDr. RNDr. Tereze Nekovářové, za čas, který mi při četných konzultacích věnovala a za hodnotné připomínky k obsahu práce. Při vyjádření vděčnosti nemohu opomenout ani Mgr. Kristýnu Malenínskou, která se mnou konzultovala všechny kroky v průběhu psaní práce. Bez těchto dvou osob a jejich zkušeností v oblasti časové percepce by mou bakalářskou práci nebylo možné zrealizovat. Mé díky taktéž náleží doc. PhDr. Markovi Preissovi, PhD., který mi i přes jeho pracovní vytížení velmi ochotně poskytl zpětnou vazbu. V neposlední řadě děkuji celému vedení katedry Psychologie na PedF UK za podporu ve formální oblasti realizace závěrečné práce.

## **ABSTRAKT**

Práce se zaměřuje na téma časové percepce s důrazem na intervalové časování. Převážná část práce je věnována rané ontogenezi časové percepce, tedy vnímání času u člověka v kontextu lidského vývoje. Práce představuje nejzásadnější proudy, kterými se doposud výzkum časové percepce ubíral, a to převážně z psychologické perspektivy. Předkládá ucelený náhled na současný stav poznání mechanismů a funkcí časové percepce z hlediska psychologických témat s důrazem na výzkum intervalového časování a proměnných, které s ním souvisí. Aktuální poznatky z oblasti vývoje časové percepce jsou v práci srovnávány s pojetím časové percepce v kontextu teorie kognitivního vývoje od Jeana Piageta.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

*Čas, časová percepce, intervalové časování, ontogeneze člověka*

## **ABSTRACT**

This work focuses on the topic of time perception, particular emphasis is placed on interval timing. Significant part of this work is oriented toward early ontogenesis of time perception, specifically toward human perception of time from the developmental perspective. Fundamental approaches relevant for current research in the field of time perception are represented in this work, especially from the psychological perspective. The work presents comprehensive view on the current state of knowledge concerning mechanisms of time perception and its function. Emphasis is placed on existing research of interval timing and related variables playing essential role in timing. Current knowledge in the field of the development of time perception is compared with the concept of time perception and its development in context of Jean Piaget's popular theory of cognitive development.

## **KEYWORDS**

*Time, time perception, interval timing, human ontogenesis*

## Obsah

Úvod .....	8
1 Psychologický čas.....	10
2 Časová percepce .....	11
2.1 Intervalové časování .....	13
3 Modely časování.....	14
3.1 Časování bez vnitřních hodin .....	14
3.2 Časování s vnitřními hodinami.....	15
3.2.1 Pacemaker-akumulátorový model .....	15
3.2.2 Komponenty vnitřních hodin v SET.....	16
3.2.3 „Dual klepsydra model“ .....	18
3.2.4 „Attentional-gate model“.....	18
3.2.5 Oscilační modely .....	19
3.3 Prospektivní a retrospektivní paradigma časování .....	20
4 Časové úlohy .....	22
4.1 Bisection task.....	23
4.1.1 Metoda časové generalizace .....	24
4.1.2 Metody: časová produkce, časová reprodukce a verbální odhad .....	24
4.1.3 Dual-task metoda .....	25
5 Proměnné ovlivňující časovou percepci .....	26
5.1 Faktory ovlivňující pozornost a paměť.....	26
5.1.1 Pozornost .....	26
5.1.2 Paměť.....	28
5.1.3 Vlastnosti stimulu a jejich vliv na časovou percepci.....	29
5.1.4 Emoce a jejich vliv na časovou percepci.....	30

6	Ontogeneze časové percepce .....	32
6.1	Časová percepce u novorozenců a kojenců .....	33
6.2	Časová percepce u batolat a dětí předškolního věku .....	38
6.3	Časová percepce u dětí školního věku .....	43
7	Vývoj dětské časové percepce z pohledu Piagetovy teorie .....	48
7.1	Zásadní východiska Piagetovy teorie .....	48
7.1.1	Senzomotorické stadium.....	49
7.1.2	Předoperační stadium .....	51
7.1.3	Stadium konkrétních myšlenkových operací.....	52
7.1.4	Stadium formálních operací.....	53
7.2	Vývoj vnímání času podle Piageta .....	53
7.3	Srovnání dosavadních poznatků o vývoji časové percepce s Piagetovou teorií..	57
8	Diskuze .....	60
	Závěr .....	63
	Seznam použitých zdrojů.....	64

## Úvod

Čas je zásadní komponentou v posuzování rychlosti pohybů, poměřování a odhadování vzdálenosti, v kontrole motoriky, ale také v reprodukci i porozumění verbálnímu projevu. Skrze zkušenosti v čase člověk interpretuje dění světa psychického i sociálního. Subjektivní čas je tedy naprosto klíčovou implicitní součástí lidské individuální zkušenosti. Prostřednictvím časové percepce jedinec pojmá sebe samého jako konzistentní a kontinuální bytost v čase i prostoru. Časem a jeho plynutím jsou podmíněny veškeré psychologické procesy nezbytné pro jedincův vývoj.

Na lidské vnímání času působí řada proměnných a zkušenost s časovými událostmi může být do jisté míry některými z nich modulována. Jedním z možných aspektů, které ovlivňují časovou percepci, je věk. Zkoumání časového vnímání v kontextu lidské ontogeneze může přinést cenné poznatky do oblasti fungování lidské psychiky a jejího vývoje. Přesné mechanismy časové percepce a jejich principy doposud nebyly zcela objasněny, a to i přes naléhavý význam tématu (nejen) pro psychologický aspekt lidského bytí. Jakým způsobem člověk vnímá čas, bylo a stále je předmětem mnoha rozličných teorií. Časová percepcie je holistickým tématem a její komplexitu nelze studovat v úzkém rámci jednoho oboru. I proto je na časovou percepci třeba nahlížet z odlišných perspektiv a zkoumat ji multidisciplinárně.

Z výše zmíněných důvodů není snadné získat rámcový přehled o poznacích, které jsou pro časovou percepci relevantní. Orientace v daném tématu je taktéž ztížena neutuchajícím přísunem poznatků nových, které se proti starším teoriím vymezují, navazují na ně, rozšiřují je či se vydávají zcela novými směry. V první části se ve své práci vymezím časovou percepci, konkrétně intervalové časování a uvedu modely, kterých se pro objasnění jeho mechanismu využívá. Dále představím časové úlohy a paradigmaty, která se ve výzkumu intervalového časování hojně uplatňují a popíšu zde zásadní proměnné, které na časování působí. V druhé části práce se zaměřím na raný ontogenetický vývoj časové percepce z perspektivy dosavadních dostupných poznatků. Prostudování trendů ve výzkumu časové percepce a stěžejních prací s důrazem na intervalové časování zde poskytne prostor pro jejich analýzu a případnou komparaci. Závěry, které se týkají vývoje časové percepce, dále vztáhnou k některým východiskům vlivné teorie kognitivního vývoje od Jeana Piageta.

Skrze souhrnný charakter této bakalářské práce tak připravím vhodný teoretický základ pro práci diplomovou, kterou plánuji navázat na téma časové percepce úžeji.

Výběr tematického zaměření práce byl inspirován vlastním zájmem na výzkumu, který probíhá na půdě Národního ústavu duševního zdraví. Výzkum je orientován na objasnění interindividuálních rozdílů v subjektivní časové percepci, konkrétně cílí na vliv věkové proměnné. Vzhledem k obrovské šíři tématu časové percepce jsem byla nucena překročit stanovený maximální rozsah bakalářské práce.

## 1 Psychologický čas

Předtím, než se zaměřím na časovou percepci, zde stručně představím aspekty psychologického času, kterými jsou vlastnosti: simultánnost, časová následnost, časové pořadí a odhad trvání. Člověk je schopen vnímat dva podněty jako současné (simultánní), jestliže se po sobě objeví v čase nižším než 2 až 3 milisekundy.<sup>1</sup> Časovou následnost dvou podnětů člověk vnímá, pokud je časový rozestup mezi dvěma stimuly jen o málo vyšší než výše zmíněná prodleva v případě simultánnosti. Pokud mluvíme o schopnosti rozpoznat pořadí, v jakém po sobě podněty následují, je k tomu zapotřebí minimálně 20 až 30 milisekund dlouhý interval mezi podněty (Block & Gruber, 2013).

Čas vnímáme jako souvislý tok na sebe navazujících událostí. Ve skutečnosti je však ono plynutí pouze iluzí. Vnímání časové přítomnosti se rozpadá už po uběhnutí asi 3 sekund a zcela zaniká po cca 7 sekundách (Block & Gruber, 2013). William James jako jeden z prvních v psychologii definoval přítomnost, jako konstantní uvědomování si určitého časového trvání variujícího v délce od několika sekund po dobu ne delší, než je jedna minuta (James, 1890: in Block & Gruber, 2013). Dnes je časový úsek přítomnosti vyjádřen již konkrétněji a odborníci se více či méně shodují na závěru, že interval, během kterého je lidský mozek schopen analyzovat a porovnávat velmi nedávno uplynulé vzpomínky v pracovní paměti, trvá okolo 3 až 5 sekund. Tento časový úsek můžeme nazývat prožívanou přítomností, momentem, kdy mozek zvládne odlišit budoucnost od minulosti (Grondin, 2010).

Subjektivní čas do vysoké míry odráží čas objektivní. Jsou zde však jisté odchylky od skutečné délky trvání. Přesné časování je pro nás užitečnou schopností, která nám umožňuje ve světě zdárně fungovat, přizpůsobovat se změnám v prostředí i adekvátně interagovat se sociálním okolím. Přesto však narušení časování, ke kterému dochází vlivem řady proměnných, pro nás může mít určitou funkci. Je tedy vhodné přemýšlet o nepřesné časové percepci, nejen jako o škodlivém defektu, ale též o její možné adaptivní povaze, která nám pomáhá vypořádat se se situacemi, významnými pro naše přežití (Matthews & Meck, 2016).

---

<sup>1</sup> Platí pro auditorní stimuly – u vizuálních stimulů je to o něco déle (Block & Gruber, 2013).

V současnosti v kontextu časové percepce zaznamenáváme několik přístupů, skrze které se k oblasti přistupuje. Zmíním zde dva z nejpobulárnějších přístupů, kterými je psychologický čas vysvětlován. První soustředí modely, které lidskou schopnost vnímat a odhadnout čas přisuzují existenci určitému vnitřnímu mechanismu. Jeden z pohledů na tento hypotetický mechanismus tkví ve vymezení centrálního mechanismu vnitřních hodin, který je popisován jako pacemaker-akumulátor zařízení. Pacemaker zde produkuje pulzy, které jsou nahromaděny v akumulátoru a jejich počet pak určuje percipovanou délku časového intervalu. Druhý přístup dosazuje do hlavní role kognitivní mechanismy. Psychologický čas je podle těchto modelů vedlejším produktem procesu zpracování informací (Block & Zakay, 1996). Je na místě zdůraznit, že na konstrukci psychologického času pravděpodobně nelze nahlížet výlučně skrze první či druhý přístup. A to i proto, že vnímání času je ovlivňováno mnoha rozličnými vnějšími i vnitřními faktory.

## 2 Časová percepce

Vnímání času je pro lidský život naprosto zásadní a neodlučitelnou zkušeností. V podstatě každá naše činnost a jakákoliv aktivita je pevně s časovým vnímáním spjatá. Na základě této zkušenosti přistupujeme k uplynulým i nastávajícím událostem, jsme schopni rozumět vztahům mezi nimi a předpovídat vztahy nové. Není tedy divu, že se časová percepce stala jedním z důležitých předmětů studia experimentální psychologie, a že zájem o ní nadále trvá. Pochopení toho, jakým způsobem člověk čas vnímá, je znesnadněno už jen samotnou povahou času. Čas není materiálního charakteru a člověk jej nevnímá skrze specifický druh receptorů, jako je tomu u jiných smyslů. A jelikož nelze hledat poznatky o povaze času a jeho vnímání v externím světě na základě empirie, je třeba zkoumat struktury uvnitř nás a našeho mozku (Wittman, 1999). Dosavadní poznatky z výzkumů časové percepce naznačují, že na různě dlouhých časových intervalech se podílí odlišné nervové mechanismy (Wittmann, 2009). Percepci času lze zjednodušeně rozdělit na vnímání času skrze cirkadiální rytmy (cirkadiální časování), vnímání času v řádu několika sekund (intervalové časování) a vnímání času v milisekundách (milisekundové časování).

Cirkadiální časování je spjato s biologickými hodinami, které organismu signalizují změny v prostředí spojené s otáčením planety – střídání dne a noci (24hodinový cyklus).

Působí přímo na spánek, nabuzení i fungování metabolismu (J. Bass, 2012). Tento typ časování z velké části koordinují suprachiasmatická jádra (SCN), která se nachází ve střední části mozku (Balsam, Sanchez-Castillo, Tylor, Van Volkinburg & Ward, 2009). SCN řídí hormonální rytmy melatoninu a kortikosteronu, které jsou zásadní pro správnou funkci metabolismu i spánku (Dibner, Schibler & Albrecht, 2010). Ukazuje se, že cirkadiální rytmus ve formě vnitřních hodin přispívá k naší výsledné zkušenosti s časovým vnímáním. Pokud je jedinci zamezen přístup k vnějším vodítkům, které odkazují k denní době (denní světlo, teplota a jiné), jsou jeho časové odhady v řádu hodin méně přesné (Wittman, 1999). Pro motorickou kontrolu a rychlou organizaci kognitivních operací je klíčové milisekundové časování, které hraje důležitou úlohu např. ve zpracování jazyka nebo v aktualizaci pracovní paměti (Meck, 2004). Mechanismus časování v řádu milisekund není pod kognitivní kontrolou, Wittmann (2009) jej řadí do automatického nervového systému časování, na jehož fungování se podílí suplementární (doplňková) motorická oblast (SMA), bazální ganglia a mozeček. Není ale zcela objasněno, zda časové intervaly v řádu milisekund spravuje určitý centrální mechanismus či zda je skrze nervové změny, které souvisí s vnímáním času, kódován časový charakter sensorických událostí v rámci konkrétních oblastí mozku (Ivry & Schlerf, 2008; vanWassenhove et al. 2008; Ulbrich et al. 2009: in Wittmann & Wassenhove, 2009).

Zdá se však, že lze odlišit dva paralelně pracující okruhy časování s odlišným mechanismem. První, který operuje s milisekundovými intervaly, je asociován s oblastí mozečku a je převážně neuvědomovaný. Druhý systém, známý jako intervalové časování, pracuje kontinuálně a pod kognitivní kontrolou a zahrnuje oblasti basální ganglia a příbuzné kortikální struktury (Bohusi & Meck, 2005). Důkazy však nasvědčují, že může docházet k překryvům v přechodu z jednoho typu časování (milisekundového) na druhý (intervalový). Nedávné výsledky studií poukazují na nekonzistentnost standardní odchylky časových odhadů v intervalech o rozsahu cca od 1 do 1,9 sekundy. Standardní odchylka časových odhadů by však podle skalární vlastnosti<sup>2</sup> časování měla zůstat konstantní (Bartholomew, Meck & Cirulli, 2015). Bylo by tedy vhodné další zkoumání soustředit na tento poměrně krátký rozsah časového trvání, kde by mohlo docházet k překryvu dvou typů mechanismů.

---

<sup>2</sup> Ke skalární vlastnosti se budu vztahovat níže na str...

## 2.1 Intervalové časování

Základní mechanismy, které se podílí na intervalovém časování, jsou společné mnohým živočichům. Rozvíjí se brzy po narození a jsou zásadní pro přežití (Allman, Meck & Penney, 2016). Tento typ časování, který operuje v rozsahu sekund až několika minut, se považuje za důležitou součást kognice a ve srovnání se dvěma výše zmíněnými typy, působí pod silnou kognitivní kontrolou. Na intervalové časování mají podstatný vliv pozornostní procesy a jestliže je pozornost od časování odkloněna, dochází k méně přesným časovým odhadům (Karmarkar & Buonomano, 2007). Mechanismus intervalového časování aktivuje síť v oblastech mozku, které tvoří thalamo-kortiko-striatální okruhy – bazální ganglia, <sup>3</sup>SMA, PFC<sup>4</sup> a PPC.<sup>5</sup> Vzhledem k zapojení různých nervových struktur do intervalového časování vyvstává otázka, jaké role konkrétní oblasti v časování hrají (Bohusi & Meck, 2005).

Pro intervalové časování je charakteristická tzv. skalární vlastnost časování. Časové soudy o délce trvání intervalu obvykle sledují normální rozložení, které se soustředí kolem cílové délky trvání (standardu). Šířka rozložení těchto odpovědí je úměrná délce trvání standardu. Vztah, v jakém spolu jsou průměr a směrodatná odchylka rozložení odpovědí, se označuje jako skalární vlastnost, která je obdobou Weberova zákona (Bohusi & Meck, 2005). Podle tohoto psychofyzického zákona se řídí většina senzorických procesů (Matthews & Meck, 2014). Vnímání času je tedy stejně jako většina smyslových dimenzí v souladu s Weberovým zákonem a časové odhady jsou u člověka v průměru přesné (tzv. „*mean accuracy*“) – variabilita odhadů (SD), která představuje citlivost v časování, narůstá lineárně s délkou časových intervalů.

Tradičně je intervalové časování vysvětlováno za pomoci *pacemaker-accumulator modelu*, který představuje hypotetický mechanismus pro časování. Tento model poskytuje vysvětlení jednak pro behaviorální, jednak pro fyziologická data, která z výzkumu intervalového časování vyvstávají, ale jeho reálná existence se doposud nepotvrdila. Z uplynulých studií, které při zkoumání časování použily zobrazovací metody (fMRI a PET) se nicméně ukazuje, že čas by mohl být v mozku distribuován do více oblastí, nikoliv

---

<sup>3</sup> Supplementární motorická area („*Supplementary motor area*“)

<sup>4</sup> Prefrontální kortex („*prefrontal cortex*“)

<sup>5</sup> Posterior periatl cortex

reprezentován ve formě konkrétního mechanismu. V takovém případě by časování záviselo na detekci aktivace různých neurálních sítí (Bohusi & Meck, 2005). Jak v příštích odstavcích bude patrné, existuje množství zkonstruovaných modelů, které slouží k vysvětlení mechanismů časování. Já zde představím pouze vybranou část.

### 3 Modely časování

V oblasti percepce času registrujeme řadu přístupů, skrze které vysvětlujeme, na jaké bázi intervalové časování funguje. Zde se soustředím na dva základní modely časování, ve kterých se časová percepce buďto opírá o existenci vnitřních hodin, nebo ve kterých modely konstruují psychologický čas bez existence konkrétního mechanismu vnitřních hodin.

#### 3.1 Časování bez vnitřních hodin

Existuje řada představ o tom, jak se v naší mysli utváří reprezentace objektivního času. Časová reprezentace by např. mohla vznikat na podkladě vnitřní dynamiky neurálních mechanismů. Tato teorie pracuje s tzv. *vnitřními modely zpracování času* („*Intrinsic models of temporal processing*“). Podle těchto modelů v mozku neexistuje žádný vyhraněný systém, který by reprezentoval časové informace. Zpracování časové informace je součástí neurální dynamiky. Délka trvání události by podle těchto modelů mohla být zakódována přímo skrze míru aktivace senzoričtých procesů nebo jako prostorové vzorce aktivity v síti neuronů (Ivry & Schlerf, 2008). K modelům, které nepracují s konkrétním mechanismem vnitřních hodin, řadíme dále např. „*contextual change model*“ (Block 1989, 1990; Block & Reed, 1978: in Zakay & Block, 1996), podle kterého je zapamatovaná délka intervalu kognitivní konstrukcí. Charakter konstrukce se odvíjí od dostupnosti kontextových změn, které byly zaznamenány v průběhu daného časového intervalu v paměti. Mluvíme např. o změnách emocionálních a environmentálních. Čím více těchto změn je při vybavení z paměti k dispozici, tím je délka zapamatovaného intervalu delší (Block, 1990; Fraisse, 1963; Ornstein, 1969; Poynter, 1983).

Zajímavou perspektivu na časování poskytuje tzv. *teorie segmentování události* (*Event Segmentation Theory, EST*)<sup>6</sup>, dle které si člověk tvoří modely událostí. Ty jsou

---

<sup>6</sup> Od autorů Kurbyho a Zacka (v Bangert, Kurby, Zack, 2018; Kurby & Zack, 2008)

v pracovní paměti reprezentacemi aktuálního dění a pomáhají jedinci předvídat nadcházející události. Vykonstruovaný model je aktualizován a dále pozměňován na hranicích dané události. V tomto bodě se totiž zvyšuje pravděpodobnost chybovosti vykonstruované předpovědi o následujícím ději. Změnu události může signalizovat řada percepčních a sémantických vodítek (např. změna rytmu). Skrze percepci hranic dané události probíhá množství kognitivních procesů jako je aktualizace pracovní paměti, modulace vizuální pozornosti a kódování nových událostí v epizodické paměti. Teorie předpokládá, že počet a povaha událostí (struktura události, kontextuální změny, povaha stimulů), které se odehrají během probíhající zkušenosti, ovlivní odhad doby trvání daného intervalu. Tato teorie poukazuje na problematiku ekologické validity výzkumu časování. Percepce času je téměř výhradně zkoumána izolovaně v laboratorním prostředí. Otázkou však je, zda mechanismy spojované s časovou percepcí, v přirozených podmínkách operují na stejných principech, jako v prostředí laboratoří (Bangert, Kurby & Zacks, 2018).

## **3.2 Časování s vnitřními hodinami**

Teoretická větev, která se soustředí na časování skrze mechanismus vnitřních hodin, se odkazuje k centrální nebo specificky vyhrazené struktuře, díky které jedinec percipuje čas. Můžeme zde opět nalézt několik perspektiv, které se k vnitřnímu mechanismu hodin vztahují. Já zde představím ty, které pro svou práci považuji za zásadní. Hovoříme o pacemaker-akumulátorovém procesu<sup>7</sup> a oscilačním procesu (Grondin, 2010).

### **3.2.1 Pacemaker-akumulátorový model**

Základy pro výstavbu teorie vnitřních hodin vznikly v 60. letech, kdy je autoři Creelman (1962) a Treisman (1963) představili ve svých dvou článkách. V nich nezávisle na sobě identifikovali vnitřní mechanismus, který skrze nahromaděné pulzy produkované pacemakerem, poskytuje časové informace o událostech. Tento mechanismus se jevil jako vhodný prostředek pro objasnění chování spojeného s časováním (Wearden, 2016).

Existují pouze nepřímé důkazy pro tvrzení, že časová percepce je determinována vnitřními hodinami. I přes to je však model vnitřních hodin stále vnímán jako vlivná perspektiva nazírající intervalové časování (Wackermann, 2006). Model sestává ze tří

---

<sup>7</sup> Jde o model, který pracuje s tzv. „udavačem tempa“ (pacemaker mechanismem)

vzájemně propojených modulů procesu zpracování informací: z *hodin, paměti a rozhodnutí*. Tyto komponenty dále pojíme s *časováním, pamětovým úložištěm a reakcí* (Allan, 1998).

Konstrukci vnitřních hodin tvoří pacemaker, jenž je zdrojem časové informace uplatňované při rozhodování. Dle Treismana (1990) pacemaker vysílá pravidelnou sérii pulzů,<sup>8</sup> ze kterých časová informace sestává. Skrze relativně konstantní frekvenci vysílaných pulsů v časových úsudcích vyvstává Weberův zákon, dle kterého intenzita počítka roste řadou aritmetickou, jestliže intenzita stimulu vzrůstá řadou geometrickou (Treisman, 2013). Rychlost, jakou jsou pulsy produkovány, je závislá na stupni arousalu, který může být ovlivněn vnějšími vstupy (Treisman et al., 1990).

### 3.2.2 Komponenty vnitřních hodin v SET

Model je utvářen čtyřmi částmi: *hodinami, pracovní pamětí, referenční pamětí a komparátorem*.<sup>9</sup> Vnitřní hodiny jsou složeny z *pacemakeru, spínače a akumulátoru*. Pacemaker ve vnitřních hodinách plní roli mechanismu, který generuje pulzy. Jeho průměrné tempo může být ovlivněno např. arousalem či zvýšenou/sníženou hladinou dopaminu, kterou registrujeme v případě některých patologických stavů (např. Parkinson, schizofrenie, ADHD). Pulzy, které pacemaker vysílá, prochází spínačem do akumulátoru. Po vpuštění pulzů skrze spínač do akumulátoru, má akumulátor za úkol součet pulzů zadržet. Tento součet nahromaděných pulzů reprezentuje délku daného časového intervalu. Informace o délce trvání daného intervalu jsou uchovány v pracovní paměti, která se při časování využívá v případě, když je mezi ukončením stimulu a příležitostí reagovat prodleva, v ostatních případech je využit akumulátor. Další roli v mechanismu vnitřních hodin podle SET modelu zastává referenční paměť, která ukládá časové informace o minulých událostech a jejich důsledcích. Díky tomu pak může poslední komponent vnitřních hodin, komparátor, porovnat výslednou hodnotu v akumulátoru/pracovní paměti s hodnotou uloženou v referenční paměti a na základě toho pak skrze rozhodovacího proces určit, jaká bude odpověď (Church, 1984). Níže je k dispozici *obrázek 1*, na kterém je model znázorněn.

Zásadní roli v SET modelu hraje pozornost. Právě pozornost totiž ovlivňuje spínač, který spojuje pacemaker s akumulátorem. Pokud jedinec věnuje svou pozornost časování, je

---

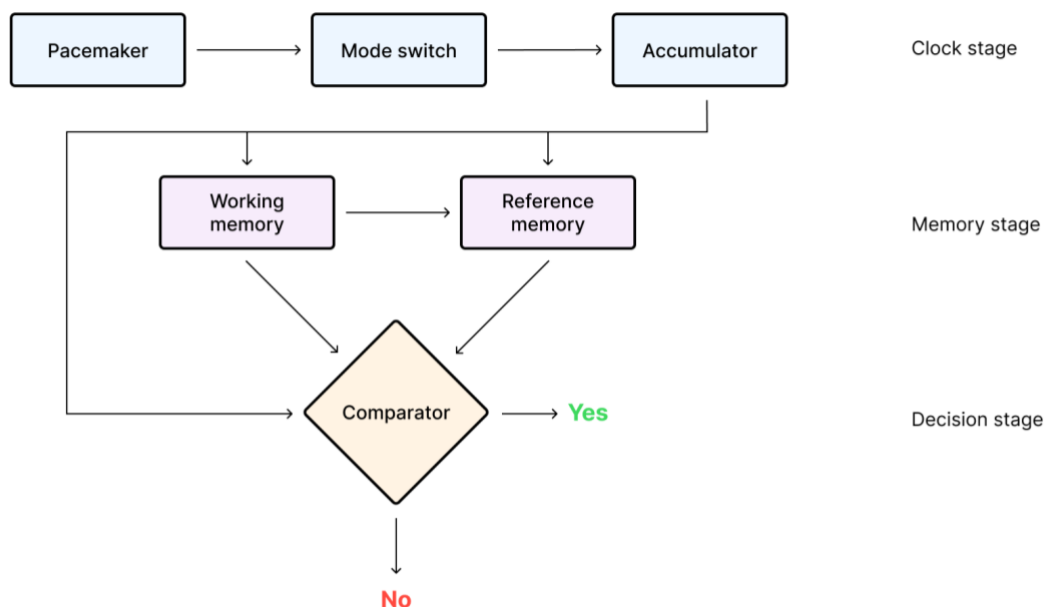
<sup>8</sup> Frekvence pulzů je dle Treismanova modelu konstantní po krátkou dobu, může se však v závislosti na okolnostech čas od času měnit (např. vlivem hladiny arousalu) (Treisman, 1990).

<sup>9</sup> Viz obr. 1

spínač uzavřen a pulzy se hromadí v akumulátoru. Pokud je však pozornost od časování odvedena např. k jiné úloze, dochází ke změnám stavu. Spínač se otevírá a nepřijímá pulzy vysílané pacemakerem, což následně ovlivňuje přesnost časového odhadu (Wearden, 2016).

Formální, biologický a psychologický model vnitřních hodin zahrnuje principy prvního a druhého řádu, skrze které je možné klasifikovat individuální rozdíly intervalového časování (Allman, Teki, Griffiths & Meck, 2013). Mezi principy prvního řádu řadíme interindividuální a intraindividuální rozdíly v rychlosti hodin a způsob, jakými jsou časové zkušenosti ukládány. Týkají se přímo délky trvání jednotlivých událostí a zahrnují rozdíly v přesnosti, s jakou je délka intervalu časována. SET předpokládá, že tempo subjektivního času, které odráží běh času fyzického, je ovlivněno rychlostí vnitřních hodin, konkrétně počtem pulzů za danou časovou jednotku. Mezi principy druhého řádu řadíme vlastnosti nečasové povahy, které na percepci času působí (např. různé modalitty, stupeň arousalu, emoční ladění, pozornost a další) Chod vnitřních hodin tedy může být narušen řadou sensorických, psychologických a fyziologických faktorů (Allman et al., 2013).

**Obrázek 1:** Model vnitřních hodin  
adaptován autory Churchem, Gibbonem, Meckem a Treismanem



(Allman, Teki, Griffiths & Meck, 2013)

### 3.2.3 „Dual klepsydra model“

„Dual klepsydra model“ od Jiřího Wackermana (Wackermann & Ehm, 2006, s. 485) pracuje se systémem „přítoku a odtoku“ množství informací, který spojuje princip integrace vnějších vstupů a princip spontánně se projevující relaxace, v rámci které se naakumulovaný stav informací postupně vytrácí. Tento model stejně jako tradiční model vnitřních hodin pracuje s integrací „toků“ informací, které jsou však v případě DKP kontinuálního charakteru. Pokud vnější vstupy nejsou k dispozici, systém pasivně o nahromaděné pulzy přichází. Zároveň nelze stavy nahromaděných pulzů v akumulátorech zjistit jiným způsobem než skrze výsledky porovnání stavů mezi sebou, které jedinci poskytují vodítka pro stanovení subjektivní délky uplynulého času. Proto je možné tento model použít pouze v případě, kdy se v rámci časových úloh srovnávají dva časové intervaly (Wackermann & Ehm, 2006).

### 3.2.4 „Attentional-gate model“

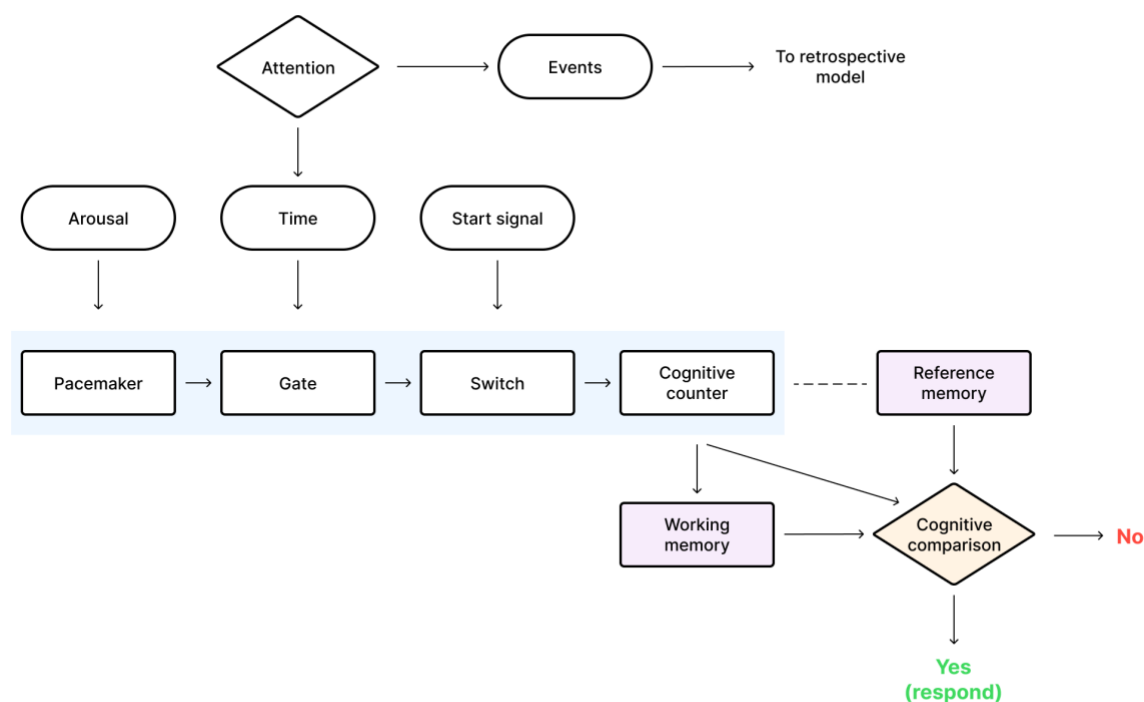
Další model vnitřních hodin je tzv. „Attentional-gate model“ (AGM) od autorů Blocka a Zakaye. Skrze AGM se autoři pokusili objasnit mechanismus prospektivního časování, o kterém budu hovořit níže. V jejich navrženém modelu hraje zásadní roli jak pozornost, tak obecný a specifický arousal.<sup>10</sup> Jsou zde tedy dvě zásadní modifikace. Oproti klasickým modelům do mechanismu vnitřních hodin autoři začleňují možnost, že jedinec své zdroje pozornosti může dělit mezi časování daného intervalu a účast na nějaké vnější události nečasového charakteru. Zatímco časový interval trvá a spínač umožňuje průchod pulzům do příslušného komponentu, který pulsy počítá,<sup>11</sup> je výsledný počet nahromaděných pulzů funkcí dvou odlišných faktorů. Tempem, jakým jsou pulzy vysílány, které může být ovlivněno obecným a specifickým arousalem. A dále poměrem času, v průběhu kterého je brána otevřena, či jak široce je otevřena. Na tento faktor má vliv pozornost, která je věnována časování (Block & Zakay, 1996). Pro lepší představu je model zobrazen níže na *obrázku 2*.

---

<sup>10</sup> Obecným arousalem je zde míněn arousal vycházející zevnitř, naproti tomu specifický arousal vychází zvenku – je vyvolán stimuly (Block, Zakay – models od psychological time revisited).

<sup>11</sup> Block a Zakay zde komponent akumulátoru nahradili kognitivním počítadlem (*cognitive counter*).

**Obrázek 2:** *Attentional-gate model prospektivního časování*



(Block & Zakay, 1996)

### 3.2.5 Oscilační modely

*Modely neurální oscilace („oscillator models“)* vysvětlují časování skrze využití kortikálních oscilací v různých frekvencích (Hass & Durstewitz, 2016). Například v rámci „*striatal beat frequency*“ modelu (SBF model), kortikální neurony představují oscilátory, jejichž aktivita je zaznamenávána specifickou populací ve striatu („*medium spiny neurons*“ MSNs). Každý takový neuron přijímá velký počet vstupů z oblasti kortexu a thalamu. Váha, kterou mají jejich synaptická spojení s různými oscilátory, určuje délku trvání, kterou kódují (Matthews & Meck, 2016). Neurální vstupy, ze kterých je časová informace vytvořena, jsou výsledkem synchronizované aktivity z poměrně velké oblasti kortexu. Dopaminový systém ohlásí začátek stimulu, který má být časován, buďto výlevem oblasti striata dopaminem,<sup>12</sup> nebo modifikací oscilačních frekvencí v kortexu.<sup>13</sup> (Meck et al., 2008: in Droit-Volet, 2013).

<sup>12</sup> Tzv. fázické DA

<sup>13</sup> Tzv. Tonické DA

Další model založený na oscilačním procesu je „*dynamic attending theory*“ (DAT), od autorů M. R. Jonese a Boltze. Dle autorů lze u určitých událostí pozorovat opakující se vzorce (např. u řeči, lokomoce, hudby). Tyto rytmické pravidelnosti jsou pro člověka samy o sobě atraktivnější než nestrukturované události. Skrze svou pravidelnost činí nadcházející dění předvídatelné a v jedinci utváří tzv. „*future oriented attending mode*“. Podle této teorie je zásadní pozornost, která je dynamického charakteru a na základě které jedinec čas vnímá. Rytmus pak představuje urč. vodítko, které časování usnadňuje. Skrze neurální oscilace různých frekvencí je získávána výsledná časová informace (van Wassenhove & Herbst, 2020). Přesnost časových odhadů je zde závislá na souvislém toku událostí a na kapacitě synchronizovat vnitřní rytmicitu s rytmy, které přichází z prostředí (Grondin 2010). Tento model, ve srovnání s pacemaker-akumulátorovým procesem, lépe vysvětluje to, jak člověk využívá časové struktury událostí (např. u řeči, melodie) v rámci běžného života. Neobjasňuje však procesy spojené s časovou percepcí v případě izolovaných intervalů v laboratorním prostředí (Grondin 2010).

Dalším zajímavým představitelem je tzv. „*multiple oscillator model*“, dle kterého je čas kódován v rámci celé populace oscilátorů různých základních frekvencí pro různé délky časových intervalů. Časovou informaci je pak možné získat skrze sadu tzv. koincidenčních detektorů. Tento model je výhodný v tom, že je schopný zahrnout časování několika po sobě jdoucích intervalů (Matell & Meck, 2004; Bohusi & Meck, 2005: in Karmar & Buonomo, 2007). V neposlední řadě existuje také *model stavově závislých sítí (state-dependent networks, SDNs)*, dle kterého je čas zpracováván v rámci neuronové sítě, nicméně se tento model zdá být omezen pouze na zpracovávání krátkých časových intervalů pod 500 ms (Karmarkar & Buonomano, 2007).

### **3.3 Prospektivní a retrospektivní paradigma časování**

Hovoříme-li o časové percepci, je třeba rozlišovat mezi paradigmaty prospektivního a retrospektivního časování. V kontextu mé práce je důležité porozumět rozdílu mezi těmito dvěma paradigmaty, jelikož jejich aspekty definují odlišnosti ve způsobu vnímání časových intervalů. Konkrétně jde o způsob, jakým vnímáme dobu trvání v případě právě probíhajících událostí a událostí již uplynulých, které máme uloženy v naší paměti (MacDonald, Fortin, Sakata & Meck 2014).

V případě úloh, které využívají retrospektivního paradigmatu, výzkumník participanta o jejich časové povaze dopředu neinformuje. Participant musí dokončit zadaný úkol bez vědomí, že po něm bude následně požadován odhad délky jeho trvání (Grondin, 2014). Proto toto paradigma není takřka možné aplikovat ve výzkumu časování u zvířat nebo u dětí raného věku. Výsledná odpověď o délce trvání uplynulé úlohy se zakládá převážně na vybavení a extrahování informací o daném intervalu z paměti (Zakay & Block, 2004). V případě retrospektivního časování, na rozdíl od prospektivního, jedinec v průběhu daného intervalu z pravidla nevěnuje pozornost časovému aspektu události. Prospektivní soudy se týkají prožitého časového aspektu události (*experienced duration*). Tento typ časování je ovlivněn percepčními, pozornostními a paměťovými procesy a obvykle zahrnuje intervaly o délce několika sekund (Matthews & Meck, 2016). Člověk, s některými dalšími živočichy, využívá retrospektivního a prospektivního časování pro strukturaci vnějšího i vnitřního světa. Skrze nastřádané zkušenosti s různými událostmi o různé délce trvání je na základě těchto vědomostí schopen organizovat své chování, a to hlavně v případě, kdy si je vědom, že pro něj bude časová informace v následující události důležitá (MacDonald, Fortin, Sakata & Meck 2014). V prospektivním časování si je participant již dopředu vědom toho, že bude odhadovat délku daného intervalu a jeho pozornost je zaměřena na časový aspekt probíhající události.

Mezi výzkumníky dominuje názor, že se na retrospektivních a prospektivních soudech podílí rozdílné mechanismy. Je pravděpodobné, že k prospektivnímu časování se váže mechanismus vnitřních hodin (*“timing with a timer”*), v kontextu retrospektivních úsudků jde spíše o časování bez vnitřních hodin (*“timing without a timer”*) (in Wearden 2016: Ivry & Hazeltine, 1992). Tomu nasvědčuje i skutečnost, že retrospektivní soudy o délce trvání intervalu mají tendenci k menší přesnosti odhadu a bývají variabilnější ve srovnání s úsudky, které využívají prospektivní paradigma. Srovnávání těchto dvou odlišných paradigmat mezi sebou napomáhá určit, které vlastnosti jsou časování v obecné rovině společné a které jsou specifické pro konkrétní kognitivní doménu<sup>14</sup> (Wearden, 2016). V některých případech mezi paradigmaty však dochází k překryvu procesů zapojených do časových soudů (Block &

---

<sup>14</sup> „Časové buňky“ (time cells) v oblasti striata a mozečku v případě prospektivního časování; „časové buňky v oblasti hipokampu v případě retrospektivního časování (Lusk et al., 2016; MacDonald, 2014; MacDonald et al., 2014 in Allman, Meck & Penney 2016).

Gruber, 2013). Dosud se jen málo výzkumů zaměřilo na srovnání těchto dvou paradigmat a není stále jisté, zda se na nich skutečně podílí různé mechanismy, či zda identifikované rozdíly souvisí s jinými proměnnými.

#### 4 Časové úlohy

Ve výzkumu intervalového časování se uplatňuje řada procedur, které skrze různé prostředky získávají cenná data o časové percepci. Nejznámější, ale také nejhojněji využívané procedury v oblasti výzkumu intervalového časování, jsou: (1) metoda *časové generalizace*, ve které má participant na základě obeznámení se vzorovým časovým intervalem, tzv. *kotvou*, porovnat délky trvání prezentovaných časových intervalů; (2) *časová produkce*, v rámci které participant produkuje časový interval skrze např. podržení tlačítka; (3) v úlohách *časové reprodukce* participant reprodukuje časový interval, který mu byl předtím prezentován a to např. skrze podržení tlačítka; (4) u *verbálního odhadu* participant slovně odhaduje délku prezentovaného časového intervalu. V procedurách lze pro zkoumání časování využívat odlišné modalities (vizuální/zvukový stimul), odlišná paradigmat (percepční/motorické úlohy) a různý počet časových intervalů (single/multiple interval) (Merchant, Zarco, Bartolo & Prado, 2008).

Úlohy, které pracují s odhadem nebo produkcí časového intervalu, obvykle vyžadují verbální instrukce či odpovědi, a proto jsou vhodné ve výzkumu časování u dospělých lidí, nikoliv u zvířat nebo u malých dětí (Bohusi & Meck, 2005). Nejvíce prozkoumané časové úlohy zaměřené na časování u člověka jsou na principu porovnávání dvou odlišných intervalů. Jedná se o tzv. *diskriminační metody* (Mauk & Buonomano, 2004). Mezi diskriminační metody řadíme *“bisection-task”* a *metodu časové generalizace* (*“temporal generalization procedure”*).

Velká část studií zaměřená na časování, používá konvenčních psychofyzických úloh, jejichž využití je v oblasti psychologie široké, např. *„fixed interval schedule“* (FI), kterého se využívá u tzv. *„peak interval“* procedury (PI). Existují však úlohy, které byly vyvinuty přímo pro zkoumání časové percepce. PI je hojně využívána ve výzkumu intervalového časování u zvířat, ale přenesla se i do oblastí výzkumu časování u lidí. Nejprve je však k provedení tohoto typu úlohy potřeba, aby se zvíře naučilo délku určitého intervalu. Toho

je dosaženo právě pomocí FI procedury, kdy je zvířeti vždy na začátku pokusu prezentován podmiňující stimulus („*conditioning stimulus*“ CS) v podobě například tónu nebo světla. První odpověď, kterou zvíře po uplynutí určité doby trvání stimulu učiní, je pak odměněna a trvání CS je ukončeno. Tento scénář se opakuje dostatečně dlouho. Schopnost časovat intervaly je pak testována v PI úloze, během které je zvířeti opět prezentován CS. Jeho délka trvání je však obvykle cca třikrát delší než délka zvířetem naučeného intervalu. V případě PI neproběhne posílení odpovědi a výsledkem je, že odpovědi z několika PI studií v průměru produkují normalizovanou délku odpovědi, která sleduje tvar Gaussovy křivky centrované na délce trvání naučeného intervalu (Oprisan, Dix & Bohusi, 2014). Data, získaná prostřednictvím administrace těchto úloh, ovlivnila vývoj řady psychologických teorií intervalového časování. Asi nejvlivnější z nich je již výše zmíněná SET teorie vnitřních hodin (Meck, 2003). Pro snazší orientaci níže přikládám *obrázek 3* s přehledem základních metod, kterých se ve výzkumu časování využívá.

#### **4.1 Bisection task**

„*Bisection task*“ je typ úlohy, který byl vyvinut pro výzkum časování u člověka, pracuje se schopností srovnávat časové úseky. Participantovi jsou v tomto případě představeny dva standardní intervaly dlouhé a krátké délky trvání (např. standardní stimul o délce 200 a 800 ms). Následně jsou mu prezentovány intervaly v různém rozpětí délky trvání (např. rozpětí od 200 do 800 ms) a participantovi jsou zadány instrukce rozhodnout, zda prezentovaný interval spadá dle své délky trvání spíše do kategorie KRÁTKÝ nebo DLOUHÝ (Wearden, Jones, 2013). Skrze analýzu psychofyzické funkce v případě této úlohy lze získat řadu měřítek. Nejvýznamnější z nich jsou (1) „*bisection point*“ bod, kdy zařazení srovnávaného intervalu do kategorie DLOUHÝ dosahuje 50% pravděpodobnosti – je to tedy bod, ve kterém je srovnávací interval stejně podobný dlouhému a krátkému standardu (2) „*Weber ratio*“ je měřítkem pro míru zešikmění psychofyzické funkce, která v časování vyvstává. Představuje míru citlivosti v časování, kdy vyšší „*Weber ratio*“ značí menší zešikmění psychofyzické funkce – v takovém případě můžeme usuzovat o větší variabilitě v časování (Wearden & Jones, 2013).

#### 4.1.1 Metoda časové generalizace

Ve své nejprimitivnější podobě je metoda *časové generalizace* („*Temporal generalization procedure*“) administrována tak, že je participant opakovaně vystaven intervalu se standardní délkou trvání (např. 400 ms). Tento standard nazýváme kotvou, jelikož se vztahujeme k jeho délce trvání. Poté jsou participantovi prezentovány srovnávací intervaly, jejichž doba trvání je v určitém rozsahu časového trvání (např. 100 až 700 ms). Úkolem participanta je skrze jednoduchou odpověď „ano“ x „ne“ určit, zda prezentovaný interval je stejné délky trvání jako standard (kotva). Obvykle za odpovědi participanta následuje zpětná vazba o jeho přesnosti (Wearden, 2004). Výsledky tohoto typu procedury ukazují v grafech, ve kterých je v gradientech proporce odpovědi „ANO“ ke každému prezentovanému stimulu zaznamenána vůči skutečné délce trvání daného stimulu, že (a) nejvyšší koncentraci odpovědi ANO zaznamenáváme na vrcholu délky trvání standardního stimulu a (b) tyto gradienty jsou zešikmené doprava<sup>15</sup> (Wearden, Jones, 2013).

#### 4.1.2 Metody: časová produkce, časová reprodukce a verbální odhad

V úlohách metody *časové produkce* administrátor určí cílový interval v daných časových jednotkách. Participant je vyzván, aby tento interval vyprodukoval. Obvykle se k produkci intervalu používá jednoduchý stisk tlačítka,<sup>16</sup> kterým se označí začátek a konec intervalu, nebo podržení tlačítka po dobu, která dle participanta odpovídá době trvání cílového intervalu (Grondin, 2010). Princip metody *časové reprodukce* je založen na motorické odpovědi (např. stisk tlačítka), která reflektuje délku trvání předchozího prezentovaného časového stimulu (standardu). Toho se dá docílit několika různými druhy úloh, které jsou na časové reprodukci založené. Důležité je zmínit, že časová reprodukce má určité limity. Participant ze zjevných důvodů např. nemůže reprodukovat příliš krátké nebo příliš dlouhé intervaly<sup>17</sup> (Wearden, 2016). Při úlohách *verbálního odhadu* je nejprve prezentován cílový interval a poté je participant vyzván, aby uvedl verbální odhad délky trvání tohoto intervalu za pomoci časových jednotek (sekundy, minuty) (Grondin, 2010).

---

<sup>15</sup> Více odpovědi ANO se objevuje v případě delších stimulů než je standard, nežli u kratších stimulů než standard (Wearden, Jones, 2013).

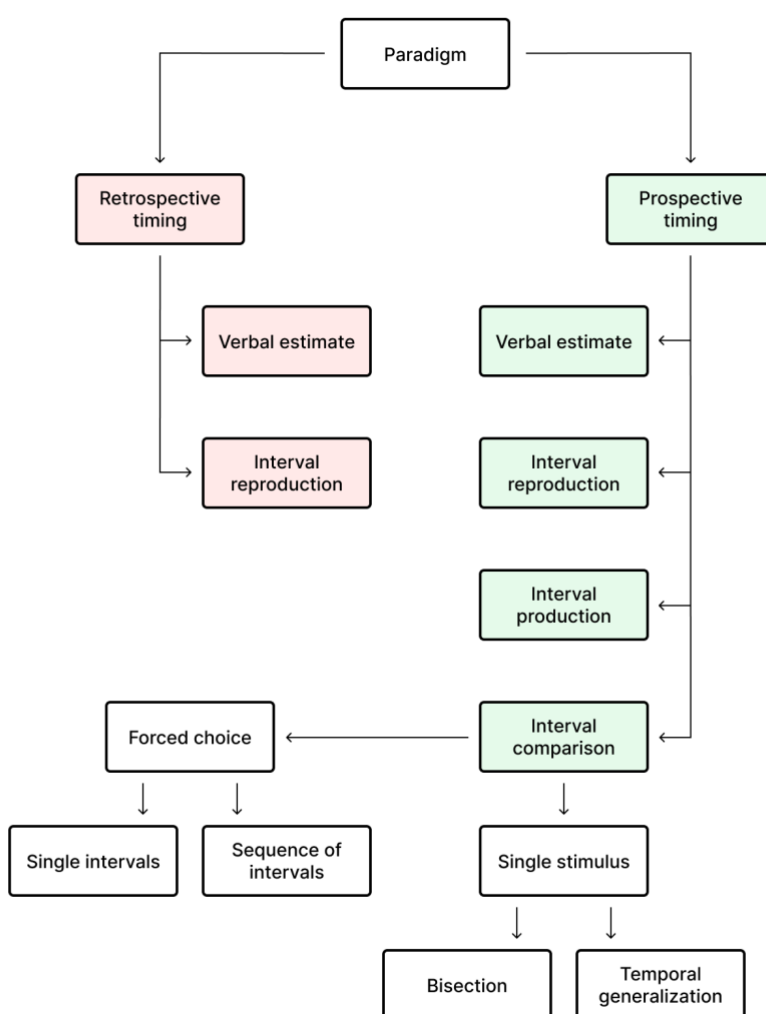
<sup>16</sup> Může jít např. o klávesnicové tlačítko nebo také externí tlačítko, či počítačovou myš.

<sup>17</sup> Pod délku trvání cca 300 ms.

### 4.1.3 Dual-task metoda

V tomto paradigmatu je participant vyzván, aby prováděl dvě úlohy současně. V jedné úloze má za úkol časovat a ve druhé se věnuje úkolu nečasového charakteru. V rámci studií, které *dual-task* využívají, se zkoumá, jaký vliv má na časování odklonění pozornosti. Množství pozornosti, které participant věnuje jedné nebo druhé úloze, může být manipulováno např. úrovní náročnosti nečasové úlohy (Gautier & Droit-Volet, 2002).

*Obrázek 3: Schéma základních experimentálních metod ve výzkumu časové percepce*



(Grondin, 2010)

## 5 Proměnné ovlivňující časovou percepci

Do časování se zapojuje mnoho odlišných procesů, které mají vliv na výslednou subjektivní časovou percepci. Psychologický čas závisí na percepčních, sensorických, pozornostních a paměťových procesech v závislosti na délce časového intervalu (Block & Gruber, 2013). Časová percepce je ovlivňována řadou faktorů nečasové podstaty jako jsou sensorická modalita, intenzita, velikost a komplexita stimulu, ale také významnost a rychlost. Použité metody pro zkoumání jsou další významný faktor, který působí na percepci času (Matthews & Meck, 2014). Na časovou percepci mohou mít vliv dále faktory jako jsou věk, pohlaví, psychiatrické a neurologické poruchy či cirkadiální rytmus. Mezi neurologickými a psychiatrickými poruchami, které narušují časovou percepci, nacházíme shodu v odlišné funkci dopaminergenních drah. Dopamin má významnou roli v oblasti kognitivních procesů i časové percepce (Bartholomew, Meck & Cirulli, 2015). Emoce jsou dalším faktorem, který ovlivňuje prožívání časového aspektu událostí. Zdá se nám, že chvíle, ve kterých se věnujeme příjemným činnostem a dobře se bavíme, utíkají rychleji. V případě nudných aktivit se nám však čas vleče (Wittmann, 2009). To, jakým způsobem čas vnímáme tedy stojí mimo jiné na složitém vzájemném působení specifických kognitivních funkcí a momentálního emočního naladění<sup>18</sup>.

### 5.1 Faktory ovlivňující pozornost a paměť

Pozornost, pracovní paměť a dlouhodobá paměť jsou kognitivní funkce, na kterých do velké míry závisí přesnost časových odhadů intervalového časování (Wittmann, 2009). Zdá se, že interindividuální rozdíly v časování, které se projevují právě např. v odhadu délky časových intervalů, souvisí s některými interindividuálními rozdíly v kognitivních funkcích.

#### 5.1.1 Pozornost

Role pozornosti je v oblasti výzkumu časové percepce nejčastěji pojímána jako kognitivní proces, který objasňuje přesnost časových odhadů. Studie, které se zabývají paradigmatickým prospektivním časováním, ukazují, že sledování se zaměřenou pozorností na tok času v průběhu události prodlužuje její vnímanou délku trvání. Jestliže je pozornost

---

<sup>18</sup> Mimo to také na vlastnostech stimulu, kontextuálních podmínkách a dalších proměnných, které v práci uvádím.

jedinice od časového aspektu události odvedena, dochází naopak ke zkrácení její délky trvání (Grondin, 2010).

S tím bychom mohli dát do souvislosti efekt rozdělené pozornosti, kterou se zabývaly mnohé časové studie. Pokud jedinec rozděluje pozornost mezi více činností, časová percepce je narušena a dochází k variabilnějším časovým soudům. Způsob narušení časových odhadů závisí na zvoleném paradigmatu časování. V případě prospektivního paradigmatu platí, že čím je kognitivní zátěž při časování větší (např. při dual-task metodě), tím jsou časové soudy variabilnější a časový interval se jedinci jeví jako kratší, nežli je. Pokud mluvíme o retrospektivním časování, kognitivní zátěž subjektivní délku trvání intervalu prodlužuje (Matthews & Meck, 2016).

Pozornost může být na podnět nasměrována záměrně nebo automaticky, kdy mezi těmito dvěma druhy směřování pozornosti jsou rozdíly, oba však zpřesňují percepci daného podnětu. Zaměření pozornosti (záměrné i automatické) na daný podnět (nebo časovou událost) prodlužuje jeho vnímanou délku trvání. Důležité je zmínit, že určitým podnětům, které jedinec vnímá jako významné, je pozornost věnována přednostně. Může se jednat například o biologický význam podnětu, jako je tomu v případě podnětu, který se vůči jedinci přibližuje, nebo jako je to u emočně zabarvených podnětů, které jsou zpravidla zpracovávány přednostně (Matthews & Meck, 2016).

Pozornost a očekávání mohou ovlivnit reakci jedince na nástup a odeznění podnětu. Např. podněty, kterým je pozornost věnována, jsou obvykle rozpoznány rychleji než ty, kterým pozornost věnována není. To vede k nárůstu vnímané délky jejich trvání. Očekávané podněty mohou být naproti tomu z časového hlediska vnímány jako kratší než neočekávané podněty, jelikož je jim z ekonomického důvodu věnováno méně pozornosti (Ivry & Schlerf, 2008).

Z výše uvedených poznatků, které se týkají vztahu mezi pozorností a časovou percepcí, je patrné, že jednotlivé kognitivní koreláty nelze izolovat od dalších proměnných, které na vnímání času mají vliv. Hovoříme-li o pozornosti, musíme zároveň brát v potaz i zkušenosti, osobnostní rysy a kognitivní schopnosti konkrétního jedince, které v průběhu života utvářejí významy a preference. I na základě toho jsou pak vjemy filtrovány a různým podnětům je věnována různá míra pozornosti. I když se v těchto odstavcích věnujeme

aspektům pozornosti, nevyhne se zásadní roli vlastností podnětu (stimulu), emocím, použitým časovým metodám i paměti.

### 5.1.2 Paměť

Paměť má zásadní úlohu v modelech vnitřních hodin. V případě SET modelu, který spadá pod prospektivní paradigma, je paměť pro časové soudy nezbytná. Nahromaděné pulsy jsou z akumulátoru přeneseny do pracovní paměti, kde jsou srovnávány s obsahem referenční paměti. Skrze vzájemné srovnání pak dochází k časovému soudu (Block & Zakay, 1996)<sup>19</sup>.

S paměťovými procesy je ale spojované také retrospektivní paradigma (Block & Zakay, 2008). Aby jedinec mohl zpětně posoudit délku trvání daného intervalu, musí si jej vybavit z paměti skrze množství zpracovaných obsahů uložených v paměti. Retrospektivní soudy o časovém trvání jsou založené na intervalech v délce od několika sekund, které jsou uloženy v krátkodobé paměti, až po mnohem delší časové intervaly (od několika minut až po roky), které jsou uloženy v dlouhodobé paměti (Wittmann, 2009). Subjektivní délka časového intervalu narůstá, jestliže jedinec v průběhu daného intervalu zaznamenal vysoký počet událostí nebo změn, nebo jestliže události v rámci daného časového intervalu byly nečekané či nekoherentní (Bangert, Kurby & Zacks, 2018).

S paměťovými procesy mimo jiné souvisí i tzv. „*oddball*” paradigma, v rámci kterého je participantovi několikrát za sebou v řadě prezentován standardní stimulus a na konci této řady je prezentován stimulus, který se od standardu liší. Tento „*oddball*“ je pak participantem posuzován jako značně delší (Matthews & Meck, 2016). Tím se sice částečně vracím k pozornosti a její roli v časové percepci, nicméně i paměť zde má nezaměnitelnou roli. Proto, aby byl podnět rozpoznán jako odlišný od standardu, je nutné si v paměti vytvářet reprezentace délky trvání standardu. S touto reprezentací je nový podnět porovnán.

Variabilita v časování mezi jedinci může být způsobena jednak narušenou pamětí, kdy je délka trvání standardu v paměti zkreslena, jednak narušenou pozorností, kdy délka trvání intervalu je kvůli omezené kapacitě pozornosti chybně zaznamenána (Wearden & Jones, 2013).

---

<sup>19</sup> Podrobněji o roli referenční a pracovní paměti v SET na str. 177-178 (Block & Zakay, 1996)

### 5.1.3 Vlastnosti stimulu a jejich vliv na časovou percepci

V kontextu časové percepcie jsou klíčové také nečasové faktory, které se vztahují k dané události. Jde například o modalitu, skrze kterou je podnět prezentován, o jeho intenzitu, velikost i obeznámenost s ním. Dále záleží na tom, zda je prezentovaný časový interval vyplněný („filled“) či prázdný („empty“), jaký má emoční náboj a jak je pro daného jedince významný (Matthews & Meck, 2014). Mimo výše zmíněné vlastnosti percipovaného podnětu je také důležitý kontext, ve kterém je podnět prezentován. Významnou roli zde hraje pořadí, počet, délka trvání i prostředí, které podnět obklopuje (Brown & Stubbs, 1992). Do kontextuálního rámce patří již výše zmíněná paměť, skrze kterou můžeme nové zkušenosti srovnávat se starými a třídít je podle již vytvořených reprezentací.

Autoři Brown a Stubbs (1992) ve své publikaci hovoří o podobných procesech, které řídí zpracování informací časového i nečasového charakteru a odkazují k práci Michona (1972, 1985: in Brown & Stubbs, 1992), který jako důkaz předkládá efekt vzájemného se rušení, ke kterému dochází, když jsou zpracovávány oba typy informací najednou (časové i nečasové) (Brown & Stubbs, 1992).

Počet prezentovaných časových intervalů se ve studii od Merchanta, Zarca a Prada (2008) ukázal být také významnou proměnnou. Dle autorů se variabilita v časování participantů snížila s vyšším počtem prezentovaných intervalů v úloze (v produkční i percepční proceduře). Mimo to ukázali, že soudy o délce trvání vizuálního stimulu byly méně přesné než časové soudy týkající se prezentace sluchového stimulu (Merchant, Zarco & Prado, 2008).

V otázce posuzování simultánnosti a časového pořadí prezentovaných vjemů je opět modalita zásadním faktorem. Nejpřesnější soudy zaznamenáváme u sluchu, kdy je člověk schopen rozpoznat dvě cvaknutí jen 2 až 3 ms za sebou jako nesimultánní. Zraková modalita je nejméně citlivá a v jejím případě lze oddělenost dvou stimulů zaznamenat, až když jsou po sobě prezentované s časovou mezerou 50-60 ms. Citlivost taktilní modality se nachází někde uprostřed (Arstila, Georgescu, Pesonem, Lunn, Noreika & Falter-Wagner, 2020).

Subjektivní délka trvání stimulu se vztahuje k relativní síle, se kterou je prezentován. Matthews a Meck (2016) tento efekt nazývají *efektem velikosti* („*magnitude effect*“), pod který spadá mnoho proměnných, jež vjem činní subjektivně výraznějším a objektivně snazším pro identifikaci, kategorizaci a jeho hodnocení. Tyto proměnné způsobují, že je

daný vjem vnímán z hlediska časové délky trvání jako delší. Uvedme si zde vyplněný interval, tedy časový interval, který je po dobu svého trvání doprovázen např. kontinuálním tónem. Participantem je vnímán jako delší, než stejně dlouhý prázdný interval (začátek a konec je u prázdného intervalu označen jen např. krátkým tónem) (Matthews & Meck, 2016). Vyplněný interval je z percepčního hlediska výraznější. Stejně tak můžeme uvést vnímání zářivých vjemů jako déle trvajících než vjemů tlumených. Tento efekt velikosti lze aplikovat napříč modalitami. To znamená, že např. hlasitý tón bude vnímán jako déle trvajícím než tón tichý. Nebo že dynamickému stimulu bude přisuzována delší doba trvání než stejně dlouhému statickému stimulu (Matthews & Meck, 2016). Tento efekt později představím pod jiným pojmem *více je více*, který se projevuje u dětí ve zvýšené míře.

Zdaleka jsem nepopsala všechny vlastnosti percipovaného vjemu, které modulují časovou percepci. Výčet, který jsem podala, však slouží pro rámcový přehled. Ze zmíněných poznatků je patrné, že různé atributy, které se s vnímaným podnětem pojí, mají různý vliv na časování. Je otázkou, proč některé vlastnosti prodlužují délku trvání daného stimulu. Zda s tím souvisí jejich význam pro přežití jedince, a proto je těmto podnětům věnováno více pozornosti, či zda vnímané prodloužení délky trvání sensorického vjemu souvisí se způsobem, jakým je zpracováván, nebo s oblastí, kde je informace zpracovávána.

#### **5.1.4 Emoce a jejich vliv na časovou percepci**

Mluvíme-li o aspektech, které dokážou naše vnímání času modulovat, nelze vynechat vliv, který na časování mají emoce. Každý z nás má zkušenost s tím, jak čas plyne pomalu při nudných činnostech jako je například čekání ve frontě. Nebo jak naopak utíká závratnou rychlostí, když jsme ponořeni do zajímavého rozhovoru s našimi přáteli. Tyto zkušenosti spadají do tzv. *paradoxu času a emocí* („*time-emotion paradox*“).

Droit-Volet a Gil (2009) se jako jedni z mnohých pro tento paradox snažili nalézt vysvětlení, které by objasnilo, proč jinak poměrně přesné časování, kterého je člověk schopen, je kontextem tak snadno narušeno. Dle nich to, jak čas vnímáme, závisí jednak na vnitřním kontextu, v tomto případě právě na emočním rozpoložení, ve kterém se jedinec nachází, a jednak na kontextu vnějším, čímž je aktivita, emoce a rytmus druhých (Droit-Volet & Gil, 2009).

Podle většiny autorů narušení časové percepce v souvislosti s emocemi souvisí s arousalem. Konkrétně s modelem vnitřních hodin SET, ve kterém hraje arousal důležitou roli. Emoce, které zvyšují arousal, podle této teorie zrychlí tempo pacemakeru, a to pak vede k nahromadění většího počtu pulzů v akumulátoru. Vyšší počet pulzů má za následek nadhodnocení délky trvání emočního stimulu (Effron, Niedenthal, Gil & Droit-Volet, 2006). Proti tomuto stanovisku se vymezují ve své práci Lake, LaBar a Meck (2016) a v rámci narušení časové percepce zdůrazňují interakci arousalu a pozornosti, avšak bez centralizovaného mechanismus vnitřních hodin. Pokud je daný stimul emočně nabitý, předpokládají, že je pro zpracování jeho délky trvání věnováno více pozornosti, což vede k nadhodnocení délky trvání emočně-relevantního stimulu. Pokud jde však o emočně nerelevantní stimulus, který je prezentován v kontextu emočně nabitého stimulu, je zpracování délky trvání věnováno méně pozornosti, a to vede k podcenění délky trvání (Lake, LaBar & Meck, 2016).

Jen z výše zmíněného je patrné, že mechanismus, který stojí za narušením časování pod vlivem emocí, není objasněn. Jasně však je, že emoce na časování efekt mají. Participanti v časových úlohách nadhodnocují délku trvání emočních stimulů ve srovnání se stimuly neutrálními. Nejvíce je to patrné v případě stimulů, které evokují emoce negativní (vzteky, strach, odpor), a které jsou pro přežití jedince významné (Gil & Droit-Volet, 2012). Důležitou roli zde také hrají individuální rozdíly. Jedinci, kteří jsou bázlivi, o poznání více nadhodnocují stimuly, které evokují hrozbu (Tipples, 2011). Obecně větší nadhodnocování délky trvání rozhněvaných výrazů tváře, ve srovnání s jinými výrazy, pravděpodobně odráží stresovou odezvu organismu v reakci na strach, která je pro přežití jedince zásadní (in Tipples, 2008; Öhman & Mineka, 2001). Je však zajímavé, že k narušení časování nedochází pouze při střetu se stimulem, který v nás emoci vyvolává přímo, ale také v případě, kdy před sebou máme jedince<sup>20</sup>, který svým výrazem<sup>21</sup> emoci dává najevo. Tento fenomén zkoumali Droit-Volet a Gil (2006, 2015). U člověka dochází, často na zcela nevědomé úrovni, k imitaci výrazu, tempa i postoje druhých, se kterými je v kontaktu. Tzv.

---

<sup>20</sup> Platí hlavně v případě, že se jedná o jedince, se kterým se můžeme do určité míry identifikovat. Například se ukázalo, že při prezentaci fotografií, na kterých byli portréty starých a mladých jedinců, došlo u žen ke zkreslení při časování v případě fotografie se starou ženou. U mužů se stejný fenomén projevil při posuzování fotografie starého muže (Droit-Volet & Gil, 2006; 2015).

<sup>21</sup> Nebo také svým postojem (Droit-Volet & Gil, 2015).

teorie vtělené kognice (Barsalou, 2008: in Droit-Volet & Gil, 2015) navrhuje, že automatické simulace výrazů a tělesných projevů druhého nám pomáhají porozumět pocitům druhých a v souladu s tímto poznáním vhodně reagovat (Droit-Volet & Gil, 2015). Efekt nadhodnocování délky trvání našťvaného výrazu tváře by tedy mohl být vysvětlen i skrze jakési vtělení emoce druhého.

Zakay (2014) se zaměřil na efekt nudy na časovou percepci. Podle Zakaye má efekt zpomalení specifickou funkci. Upozorňuje organismus na nedostatečnou hladinu stimulace, která ohrožuje integritu zdravého fungování jedince, a navozuje potřebu navrátit přísun optimálního množství informací. Zde tedy nejde o nevědomé narušení časové percepce v rozsahu několika málo sekund. Jde o vnímání zpomalení času v kontextu nudné situace, které nám signalizuje, že je třeba činnost změnit pro navrácení se do optimálního stavu.

Obecně můžeme říct, že největší potenciál pro modulaci časové percepce mají negativní emoce s vysokým arousalem, především vztek. Studie nasvědčují tomu, že zásadní roli v prioritním zpracování potenciálně nebezpečných událostí hraje amygdala, která je pravděpodobně v přímé interakci s časováním při zpracovávání emocí s vysokým arousalem. Zdá se, že strach a hněv mají funkci rychle detekovat ohrožující stimulus, za účelem mobilizovat organismus k odpovědi. Nadhodnocování uplynulého času v takovém případě odkazuje k aktivaci autonomního systému, který jedince připravuje k akci (Droit-Volet & Gil, 2009).

## **6 Ontogeneze časové percepce**

Vývoj časové percepce je ústředním tématem této práce, bavíme-li se o proměnných, které časovou percepci modulují, jednou z nejvýznamnějších z nich se jeví být právě věk. Jak jsem již zmiňovala dříve, intervalové časování je do jisté míry závislé na určitých kognitivních schopnostech jako je paměť a pozornost. Obecně je známo, že v průběhu dětství se paměť i pozornost stále vyvíjí a zdokonalují. Dítě se na svět nerodí kompletně vyvinuté, a některé funkce a procesy dozrávají postupně s přibývajícím věkem (Diamond, 2002; Casey, Tottenham, Liston & Durston, 2005: in Zélanti & Droit-Volet, 2011).

Jestliže pozornost se schopností intervalového časování souvisí, dá se již z těchto obecných poznatků o vývoji kognitivních funkcí vyvozovat deficitní časování v dětském

věku. Stejně je tomu v případě paměti a paměťových schopností u dítěte. Výzkumy ukazují, že mezi 5. a 11. rokem u dítěte dochází k rozvoji kapacity pracovní paměti, která se v četném množství výzkumů časové percepce ukázala být pro lidské časování důležitá (Gathercole & Alloway, 2006: in Zélanti & Droit-Volet, 2011). Důležitou otázkou v kontextu vývoje časové percepce je vůbec samá její podstata. Tedy to, zda se člověk rodí se schopností do nějaké míry čas percipovat, či zda je schopnost intervalového časování osvojená v průběhu života. V případě, že jsme touto schopností biologicky vybavení a již po narození ji jsme schopni uplatňovat, je zásadní otázkou, do jaké míry a jak se tato míra dále věkem mění.

V případě stárnutí a stáří je taktéž obecně přijímáno, že se kognitivní funkce zhoršují a že dochází ke kognitivním deficitům v důsledku přirozených změn spojených se stárnutím. Zhoršuje se krátkodobá paměť i pozornost.

Už výše jsem zmiňovala, že v kontextu výzkumu časování je důležitý druh časových úloh, které jsou pro zkoumání použity. Z vývojového hlediska je třeba u jedince rozlišovat dvě formy časových úsudků, konkrétně implicitní a explicitní časové soudy. Ve chvíli, kdy je dítě schopné rozumět verbálním instrukcím (přibližně okolo třetího roku věku), je již možné využívat podobných úloh, které se uplatňují ve výzkumu časování u dospělého, tedy takových, které zahrnují explicitní časové odhady. Před tímto zlomem to možné není, a proto se používají časové úlohy obdobné úlohám zkoumající časovou percepci u zvířat nebo jiné alternativní typy časových úloh. V těchto úlohách se uplatňují implicitní časové odhady (Droit-Volet, 2013).

## **6.1 Časová percepce u novorozenců a kojenců**

Výzkumy časové percepce ukázaly, že je člověk spolu s některými zvířecími druhy schopen relativně přesně časovat. Nejen dospělí, ale dokonce i děti projevují poměrně dobrou schopnost dělat časové odhady o délce trvání intervalů a událostí. Časování u dospělé i dětské populace spojuje společná charakteristika intervalového časování, skalární vlastnost, o které se zmiňuji výše. Mnohem méně probádanou oblastí časové percepce je nicméně časování u novorozenců.

Děti se již v momentě svého narození setkávají s časovou strukturovaností světa. Postupně se stávají aktivnějšími v iniciaci a udržování komunikace s pečující osobou, k níž je zpracování časových informací zásadní, poznávají vztahy mezi událostmi, učí se v nich

orientovat a předvídat je. Už i novorozenec je do jisté míry schopen časovat a reaguje na narušení jím osvojené časové struktury určitých událostí. I když se odhad časových intervalů postupně zpřesňuje zráním, již takto brzy po narození se v chování dítěte projevují základní vlastnosti časování, které jsou pro lidskou schopnost časovat charakteristické, což svědčí o rané existenci systému v mozku, který zpracovává časové intervaly. Časování je u dětí značně náchylné na vlivy kontextu a je variabilnější než časové soudy u dospělých. Jeho vývoj ovlivňuje celá řada faktorů, které se v průběhu vývoje odehrají, jako jsou zrání centrální nervové soustavy (CNS), zkušenosti s pravidelným charakterem určitých událostí, nebo uvědomění si časového aspektu událostí a vědomé vnímání plynutí času (Droit-Volet, 2016).

V souvislosti s časováním u novorozenců a kojenců jsou zásadními otázky, zda je schopnost časovat člověku vlastní již v momentě narození a je tudíž vrozená, či zda je to schopnost, kterou si jedinec osvojuje v průběhu vývoje. Dále, právě u dětí takto raného věku, se nabízí otázka, které struktury v mozku jsou do časování zapojeny a jaký vliv na přesnost časování má zrání těchto struktur, jelikož prozkoumání právě těchto faktorů může přispět k objasnění časování u dospělé populace.

Proti představě o časování, jako vrozené schopnosti, se staví autoři Addyman, French, Mareschal a Thomasová (2011). Jejich model tzv. *vyhasínání paměťové stopy* („*memory-decay model*“) postuluje, že paměťová stopa časového intervalu postupně vyhasíná v závislosti na čase, který od časové události uplynul. Tyto modely vyhasínání časové stopy je nutné kalibrovat s trváním událostí v reálném světě. Podle autorů by tato kalibrace mohla být v raném věku realizována skrze motorickou aktivitu jedince, jelikož již u novorozenců je repetitivní motorická aktivita přítomna a jako taková představuje přesnou reprezentaci délky trvání daného pohybu (například pohyb ruky). Jde tedy o nový model, který percepce času u novorozenců dává do souvislosti se *ztělesněným učením* („*embodied learning*“), které by se mohlo uplatňovat v kalibrování časování napříč různými modalitami. Novorozenec se podle tohoto předpokladu učí časovat díky pohybům vlastního těla, které mu slouží jako metronom.

To, proč je časová percepce u dětí velmi raného věku stále z velké části neprobádanou oblastí, souvisí pravděpodobně s poměrně komplikovaným způsobem zkoumání a testování časové percepce a následné interpretace výsledků u této věkové

skupiny. Mnoho časových úloh, které se běžně ve výzkumu intervalového časování využívají, vyžadují od participanta porozumění zadání či volní motorickou odpověď. Je tedy jasné, že metody pro zkoumání časování u novorozenců musí fungovat na odlišném principu. Metody pro výzkum časování u novorozenců využívaly např. měření tepové frekvence, která se při použití časové úlohy „*on-off stimulus pattern*“, měnila jako reakce na změnu vzorce časových intervalů. Jeden z experimentů využívajících tuto metodu byl založen na opakovaném předkládání určitého stimulu dítěti po jasně daném intervalu. Šlo zde o interval o délce 3 s pro jednu skupinu a interval o délce 5 s pro skupinu druhou. Po osmém pokusu byl konec intervalu odložen a proběhl až na 15 s, místo na 3 s nebo 5 s. Ukázalo se, že čtyřměsíční novorozenec na tuto změnu skutečně reaguje, jelikož v průběhu 500 ms, ve kterých se měl daný stimulus objevit, se jeho tepová frekvence zpomalila. Autoři přesnější výkony v diferenciaci časových intervalů spojili s novorozenci, kteří projevovali vyšší úroveň zaměřené („*sustained*“)<sup>22</sup> pozornosti (Colombo & Richman, 2002). Dosavadní neurokognitivní studie skutečně poukazují na možnost zapojení stejných struktur ve frontálním a prefrontálním kortexu jak pro pozornost, tak pro časové odhady (Macar & Casini, 1998, Mimura, Kinsbourne & O’Conner, 2000: in Colombo & Richman, 2002). Je tedy velmi pravděpodobné, že na přesnosti časování se podílí pozornost.

Výsledky jiné studie od autorů Brannona et. al (2004) ukázaly, že u desetiměsíčních kojenců dochází k podobné mozkové odezvě jako u dospělého člověka v případě reakce na změnu v časovém intervalu, který je prezentován v sérii zvukových tónů. V rámci této studie ke zkoumání schopnosti časovat autoři využili tzv. *kognitivních evokovaných potenciálů* („*Event-related potentials*“) ERPs, které jsou měřeny pomocí EEG. ERPs představují změny mozkové aktivity v reakci na určitý podnět či událost, které se projevují změnou elektrického potenciálu. Jde o mozkové odpovědi, k nimž dochází při identifikaci podnětů nebo událostí. Autoři se domnívají, že určitá shoda v mozkové odpovědi u kojenců a dospělých může poukazovat na vrozenou schopnost časování, která umožňuje diferencovat intervaly, které se od sebe liší délkou až pouhé jedné sekundy.

Droit-Volet (2013) představuje ve své práci řadu výzkumů, jejichž výsledky podporují existenci jednoduchého vnímání času už u novorozenců. První studie, které

---

<sup>22</sup> Sustained a endogenous pozornostní komponenty

potvrdily schopnost časovat intervaly již v takto raném věku, k testování využily úlohy behaviorálního učení založené na časovém podmiňování. Skrze pupilární reflex se u měsíčních novorozenců prokázala schopnost naučit se určitou délku časového intervalu mezi dvěma událostmi (Brackbill & Fitzgerald, 1972: in Droit-Volet, 2013). Dalším příkladem, který svědčí o rané schopnosti časovat, je studie od Provasiho, Rattata a Droit-Voletové (2010), kteří uzpůsobili „*bisection task*“ se zvukovými stimuly k testování časování u čtyřměsíčních novorozenců. V tomto výzkumu se u novorozenců projevilo časování se skalární vlastností, která je charakteristická také pro časování dospělých jedinců. Čím delší stimul byl, tím spíše ho děti kategorizovaly jako dlouhý a měly tendenci ho časově nadhodnocovat. Ukazuje se, že citlivost v časování se v průběhu dětství postupně zvyšuje a časové úsudky se vývojem stávají přesnější. Brannon, Suanda a Libertus (2007) skrze využití v úlohách paradigmatu habituace ukázali, že šestměsíční novorozenci mají schopnost od sebe rozlišit časové intervaly rozdílné v poměru 1:2 (tedy např. 2 s vs. 4 s). Zlepšení této schopnosti pak pozorujeme u desetiměsíčních kojenců, kteří zvládají diskriminovat intervaly lišící se v poměru 2:3 (tedy např. 2 s vs 3 s). Další vývoj schopnosti diskriminovat časové intervaly a její zpřesnění je pak patrný až později okolo 8. roku věku dítěte (Droit-Volet, 2013).

Přesnost, se kterou je časová informace zpracována, se ukazuje být závislá na pozornosti a krátkodobé paměti (Block, Hancock, & Zakay, 2010; Buhusi & Meck, 2009; Nobre & Coull, 2011; Rubia & Smith, 2004). V dětství je mechanismus kontroly pozornosti ve srovnání s kapacitou u dospělých jedinců do jisté míry omezen. Podle SET modelu je spínač, jehož funkce je podmíněna pozorností, v případě dětského časování méně výkonný a při časování dochází k jeho kolísání, které narušuje plynulé hromadění pulzů. Tak podle tohoto modelu dochází k věkovým rozdílům v posuzování délky časových intervalů a k větší distorzi v časové percepci u dětí (Droit-Volet, 2013). Colombo a Richman (2002) zkoumali časování u čtyřměsíčních novorozenců a zjistili u nich pozoruhodnou přesnost, se kterou již takto malé děti časovaly. Zlepšení této přesnosti v časových odhadech se dá očekávat s dalším vývojem jedince.

Z pohledu biologicky ukotveného „*striatal beat frequency*“ modelu vnitřních hodin (SBF) od autorů Matella a Mecka (2000) je striatum jednou z významných oblastí pro časování, a hraje zásadní roli ve zpracování časových informací. Zdá se, že fylogeneticky

starší subkortikální struktury, mezi které striatum patří, dozrávají u člověka dříve asi okolo 5. roku věku. Z pohledu SBF je tedy striatum schopno detekovat oscilace v kortikální oblasti už od narození. Zásadní role je v kontextu časování přisuzována kortikálními oblastem mozku, převážně prefrontálnímu kortexu. Tato fylogeneticky mladší oblast po narození ještě poměrně dlouhou dobu zraje – bílá hmota mozková, která zajišťuje koordinaci informací mezi různými mozkovými oblastmi a urychluje mezi nimi přenos informací, dozrává až v období adolescence. Zároveň se ukazuje být ve vztahu s vývojem kognitivních funkcí v průběhu dětství. Z perspektivy relativně dlouhého vývoje prefrontální oblasti kortexu ještě po narození jedince by nezralost těchto mozkových struktur mohla vysvětlovat deficity v časování u dítěte (Droit-Volet, 2013).

Comishen a Adler (2019) provedli studii, ve které zkoumali schopnost zpracovávat časovou informaci v délce 700 a 1200 ms u kojenců ve věku tří a šesti měsíců. Využili k tomu tzv. „*Visual Expectation Cueing Paradigm*“ v rámci kterého je délka trvání centrálního stimulu ukazatelem, na jaké straně obrazovky se objeví cílový podnět (pravá/levá). Toto paradigma je možné využít u dětí velmi raného věku, jelikož se v jeho rámci zaznamenávají pouze pohyby očí dítěte. Jestliže je tedy kojeneček schopen rozlišit rozdíl mezi výše zmíněnými časovými intervaly, jeho správný odhad bude patrný z pohybu očí směrem k odpovídající straně, kde má být promítnut centrální stimulus. Výsledky studie ukázaly, že šestiměsíční kojenci jsou schopni od sebe odlišit už takto krátké časové intervaly, nicméně ve věku tří měsíců toho ještě schopni nejsou. Autoři v souvislosti s jejich studií zdůrazňují zásadní roli schopnosti přesně zpracovávat informace o časovém charakteru události, protože je díky ní jedinec schopen zkušenosti s časovými událostmi integrovat do svých kognitivních struktur a dále je využívat pro lepší orientaci ve světě. Schopnost očekávat a předvídat následující (budoucí) události, která se utváří právě na základě relativně přesného zpracování časových informací, uvolňuje mentální kapacitu pro další kognitivní zpracování, což by v případě raného dětství dále podporovalo vývoj přesnějšího kognitivního zpracování informací.

Pro děti raného věku je charakter událostí zásadní pro schopnost orientovat se ve světě. Události se však proměňují rychle v řádu milisekund a stovek milisekund a schopnost diferencovat, rozpoznávat a kódovat jejich řád dítěti poskytuje informace o tom, kdy a na jak dlouhou dobu bude třeba zaměřit svou kapacitu na zpracování informací o dané události.

Díky této informaci se pak zpracování informací stává efektivnější, jelikož má pro to jedinec více času právě skrze předem zformované reprezentace o nadcházejících událostech (Haith, 1993: in Comishen & Adler, 2019).

Citlivost časování je závislá i na dalších proměnných, které s věkem nesouvisí, nicméně s nárůstem věku (dospíváním) se interindividuální variabilita značně snižuje. Samotná citlivost časování je pak různá např. v závislosti na délce časového intervalu, kdy v případě delších časových intervalů obecně pozorujeme méně přesné časování, ale v případě časování těchto delších časových úseků je u dětí patrná ještě mnohem nižší časová citlivost než u dospělých. Zvyšování citlivosti časování v průběhu dětství se projevuje rychleji v případě audio časových stimulů spíše než vizuálních, u kterých je patrná větší variabilita v časových odhadech. Citlivost časování se u dětí hojně zkoumá právě prostřednictvím úloh bisection task, které umožňují přesně spočítat časovou citlivost, tzv. „Weber ratio“ (WR) (Droit-Volet, 2013). Přesnější vnímání kratších časových intervalů je v raném věku zásadní právě pro orientaci ve světě a v událostech, se kterými se novorozenec setkává a pro postupné utváření reprezentací těchto opakujících se událostí, protože změny v prostředí se odehrávají velmi rychle. Ve srovnání s tím je pak přesné vnímání delších časových intervalů ve vývoji důležité spíše později, kdy jedinec potřebuje věnovat dané události pozornost po delší dobu a kdy jedinec již vytvořené časové reprezentace může uplatňovat při komplexnějších kognitivních procesech, jako je například plánování.

Dosavadní studie, jak je patrné i výše, se víceméně shodují v existenci schopnosti časovat už u dětí novorozeneckého věku. Není stále zcela jasné, zda se dítě na svět s touto schopností rodí, ale její projev je patrný už tak brzy jako u tříměsíčních novorozenců. Evidentní však je, že se přesnost časování v průběhu zrání dítěte dále vyvíjí a zvyšuje. Dá se tedy očekávat, že časování souvisí s vývojem určitých mozkových struktur, které jsou v raném dětství ještě nezralé a/či s vývojem kognitivních funkcí jako je pozornost a krátkodobá paměť, které se v průběhu dětství dále zlepšují.

## **6.2 Časová percepce u batolat a dětí předškolního věku**

Jak dítě roste, jeho chápání světa se vyvíjí s ním. Postupně si osvojuje jazyk, který formuje a rozvíjí jeho myšlení. Odpoutává se od pečujících osob a sblíží se s okolím,

získává stále více zkušeností o jeho fungování a aktivně experimentuje s předměty, které má na blízku. V batolecím věku nadále zraje centrální nervová soustava, rapidně se zlepšují senzomotorické schopnosti a probíhá vývoj kognitivních funkcí, což dítěti umožňuje stále lépe rozumět okolním událostem a orientovat se v nich. Je na místě, klást si otázku, jakým způsobem se vyvíjí jeho schopnost časovat.

U dětí, které si již osvojily řeč a jsou tedy schopné rozumět verbálním instrukcím, se často již využívá časových úloh, které se uplatňují i u dospělé populace. Děti v období tohoto věku (okolo 3-5 let) nicméně ještě často nemají osvojené uvědomované vnímání plynutí času a časový aspekt událostí pro ně není důležitý. Jejich časové odhady bývají závislé na konkrétním kontextu, ve kterém jsou produkovány. Děti se v tomto věku více zaměřují na nečasové aspekty události, a vnímání času bývá výrazně ovlivňováno např. jejich fyziologickými a emočními stavy nebo vlastnostmi daného stimulu jako např. hlasitost, rychlost, velikost... Způsob, jakým jsou dospělým (experimentátorem) instrukce k časovým úlohám poskytnuté, jsou proto určující pro chování spojené s časováním u dítěte (Droit-Volet, 2013).

Ze studie, která srovnávala časování mezi věkovými skupinami v rozsahu od 3 let do 25 let za pomoci bisection-task, Droit-Volet vyvodila tři závěry, které se odkazují k vývoji časové percepce: (1) Napříč všemi věkovými skupinami se časování ukázalo být v průměru přesné („*mean accuracy*“), v bisection task tedy nebyly patrné žádné věkové rozdíly v umístění „*point of subjective equality*“ (PSE)<sup>23</sup>. Za určitých podmínek se však u dětí raného věku PSE posunulo doprava, což naznačuje zkrácení vnímání časového intervalu; (2) Citlivost v časování se s věkem soustavně zlepšuje a toto zlepšení je u auditorních stimulů patrné dříve než u vizuálních stimulů; (3) v případě explicitních časových úloh je časování u dětí vysoce náchylné na vlivy nečasových informací, čímž dochází k narušení časové percepce, a to někdy až do takové míry, že děti nejsou schopny časové intervaly rozlišovat. Vývoj uvědomovaného plynutí času napomáhá ovládat pozornost věnovanou časovým intervalům a buduje odolnost vůči rušivým vlivům (2016).

Zajímavé závěry pramení z výzkumu časové percepce u dětí od Vivian Pouthas (1993). Cílem tohoto výzkumu bylo otestovat, zda děti ve věku od 4 do 6 let zvládnou

---

<sup>23</sup> Bod, ve kterém je srovnávaný interval posouzen jako stejně dlouhý jako standard. PSE indikuje, jak dlouhý musí být trvání srovnávaného intervalu, aby dle participanta měl stejnou zjevnou délku jako standard.

odvozovat časové informace z určitých indikátorů časového trvání (např. rytmické zvuky). Ze závěrů studie autorka následně vyvodila, že když jsou dětem poskytnuty vhodné prostředky nebo instrukce k časové úloze, jsou schopny uplatnit tuto znalost, i když se k ní vztahuje předpoklad, že si ji děti osvojují až v pozdější fázi vývoje. Malé děti tedy tuto znalost o časovém aspektu událostí již pravděpodobně osvojenou mají, ale ještě ji neumí generalizovat nebo dosadit do široké škály situací. Pokud jsou jim instrukce k časování experimentátorem vhodně předloženy, jsou schopny jim rozumět a následovat je ještě před osvojením si kvantitativní dimenze času, ke kterému dochází v mladším školním věku (Pouthas, 1993).

Ke srovnávání schopnosti časovat u dětí předškolního věku, mladšího školního věku a dospělými se věnovala studie od Droit-Volet et al. (2019), ve které byla využita metoda časové reprodukce. Tato studie se zaměřila na efekt časového kontextu, jelikož reprodukce časových intervalů bývá ovlivněna vnímáním předchozích časových intervalů, což vede k tzv. efektu centrální tendence. Tento efekt je znám jako *Vierdotiv zákon*, kdy v úloze, ve které mají být reprodukovány časové intervaly v určitém rozsahu, mají účastníci tendenci přeceňovat délku nejkratších časových intervalů a podceňovat délku nejdelších časových intervalů (Hallez, Damsma, Rhodes, van Rijn & Droit-Volet, 2019). V rámci této studie se testovalo, do jaké míry je naše znalost časových vlastností naučená a jak se uplatňuje v různém vývojovém období. Výsledky ukázaly, že efekt centrální tendence v úlohách časové reprodukce je silnější u dětí než u dospělých a že v reprodukci časového intervalu se děti více spoléhají na nedávno prezentované časové intervaly. Vyšší efekt centrální tendence je spojován s nižší citlivostí v časování. Podle autorů lze toto zjištění vysvětlit zastřenější reprezentací času u dětí, kdy děti se více spoléhají na časový kontext úloh nežli na hodnocení chybných úsudků, které bylo účastníkům v úlohách zpětně poskytováno. Ve srovnání s tím se u dospělých projevil větší vliv hodnocení chybných časových soudů (Hallez, Damsma, Rhodes, van Rijn & Droit-Volet, 2019).

Důležitým poznatkem v oblasti dětského časování je přítomnost náhodných odpovědí, které v poměrně vysoké míře kontaminují výsledky v časových úlohách u dětí ve věku 3 až 5 let. Tyto náhodné odpovědi nesouvisí s délkou trvání prezentovaného intervalu a byly zjištěny například při testování metodou časové generalizace ve studii od Droit-Volet et al. (2001), z čehož autoři vyvodili, že je tato metoda náročnější než častěji používaný

bisection task. Ve stejné studii se ukázalo, že variabilita reprezentace standardní délky trvání časového intervalu se věkem snižuje, přesto i u mladších dětí (3 až 5 let věku) je patrná skalární vlastnost časování, která je základní vlastností časování u dospělých. Autoři postupný vývoj v přesnosti časování uvedli do souvislosti s možnými obtížemi řídit a udržet pozornost na časování i/či na ještě ne zcela vyvinutou paměť u dětí mladšího věku (Block et al., 1999; Droit-Volet & Gautier, 2000: in Droit-Volet et al., 2001).

Výzkum od autorů Chelonis et al. (2004) poukázal na možné rozdíly v preciznosti a přesnosti časových odhadů s ohledem na věk dítěte. Skrze sběr dostatečného množství dat lze z časových soudů vygenerovat reprezentativní rozložení všech časových soudů jedince. Šířka gradientu by dle autorů mohla indexovat časovou preciznost a umístění vrcholu zase indikovat přesnost v časování. V případě přesnosti časových odhadů po dosažení šestého roku věku dítěte nebyly patrné žádné významné rozdíly mezi věkovými skupinami, preciznost v časových odhadech se však s narůstajícím věkem dále markantně zlepšovala. Autoři výsledky tohoto pozorování vztáhli k modelu SET, který by tento fenomén mohl vysvětlit následovně: rychlost produkce pulzů vnitřních hodin, jejíž případná modulace by mohla být vztažena k přesnosti časování („*accuracy*“), se po šestém roce u jedince ustaluje a zůstává dál již stabilní. Další výrazné zlepšení, ke kterému v přesnosti časových soudů dochází, tudíž z pohledu autorů souvisí s postupným zlepšováním preciznosti<sup>24</sup> („*precision*“) v časování. Preciznost v časování lze v kontextu SET vztáhnout k referenční paměti, která se v průběhu dětského vývoje zlepšuje. Reprezentace časových intervalů uložených v referenční paměti je tak v průběhu vývoje přesnější a tím se zpřesňují i časové soudy. Jak je jistě patrné, tento závěr je v souladu se závěry výše zmíněné studie od Droit-Volet et al. (2001).

Taktéž emocím nelze odepřít vliv, který na časování mají. V průběhu vývoje se dítě postupně učí svým emocím rozumět a samo je regulovat. Tento proces trvá poměrně dlouhou dobu a emoce na dítě působí velmi silně. V kontextu SET modelu proběhla studie, která zkoumala, jaký vliv má na dětskou časovou percepci emoce vzteku. Výsledky ukázaly, že prezentace výrazu tváře, která vyjadřuje vztek, zvýší hladinu arousalu. Z perspektivy SET zvýšená hladina arousalu moduluje rychlost produkce pulzů, které produkuje pacemaker,

---

<sup>24</sup> Snížení variability v odpovědích o délce časových intervalů (Chelonis, Flake, Baldwin, Blake & Paule, 2004).

což v závěru vede k přeceňování délky trvání časových intervalů. Tento fenomén se prokázal už u dětí ve věku 3 let a stejná míra nadhodnocování časových intervalů je, při vystavení jedince reprezentaci emoce vzteku, patrná u všech věkových kategorií. Toto zjištění nasvědčuje evolučnímu pojetí funkce emocí (v oblasti časové percepce) a jejich vývoje – z této perspektivy má jedinec při vyšší hladině arousalu více času pro reakci na podnět, který zvýšenou hladinu arousalu způsobil. Studie dále potvrzuje, že už děti ve 3 letech vykazují schopnost činit časové odhady, přičemž se jejich citlivost k časování narůstajícím věkem zlepšuje – 8leté děti, ve srovnání s dětmi mladšími, byly citlivější v časových odhadech při prezentaci tváří, které vyjadřovaly vztek ve srovnání s neutrálními výrazy tváře. Podle autorů je pravděpodobné, že se v průběhu socio-kognitivního vývoje objevují nové strategie, které v případě vnímání emocí modulují vliv arousalu na časovou percepci (Gil, Niedenthal & Droit-Volet, 2007).

Zásadní perspektiva, skrze kterou je třeba časovou percepci u dětí nahlížet, je vliv kognitivních schopností jedince na jeho časování. Na tuto problematiku se orientovala studie od autorů Zélanti a Droit-Volet (2011), ve které se zkoumaly změny v časové percepci pod vlivem kognitivních schopností v závislosti na věku. Výsledky opět ukázaly, že se s narůstajícím věkem dítěte citlivost v časování zvyšovala, kdy pokroky v časových odhadech byly zaznamenány dříve u kratších časových intervalů nežli u delších. U intervalů kratších než 1 s byl progres směrem k vyšší citlivosti v časování spojen s vývojem kapacity krátkodobé paměti. Delší intervaly byly dány do souvislosti s pozorností.

Jestliže dlouhé časové intervaly vyžadují využití větší míry zdrojů pozornosti, je pravděpodobné, že variabilita v citlivosti na časování je způsobena obtížemi, které má dítě se zaměřením a udržením pozornosti na čas a také menší resistencí odolat rozptýlení pozornosti. S tím dále souvisí kapacita krátkodobé paměti, která je s pozornostními funkcemi v pevném spojení a zpracování delších časových intervalů podle SET vyžaduje schopnost akumulovat a udržet tok časových informací pro jejich uložení do krátkodobé paměti. Také ve studii provedené Gautierovou a Droit-Volet (2002) autorky zmiňují omezené zdroje pozornosti u mladších dětí a odkazují se na další výzkumníky, kteří se na kognitivní vývoj zaměřili, jako např. Cowan (1997) a Case (1985), dle kterých se celková kapacita zpracování informací věkem nemění, ale množství zdrojů postupně v průběhu vývoje narůstá. Gautierová et al. (2002) zkoumaly skrze bisection task, jaký má na časování

u dětí ve věku 5 a 8 let vliv rozptýlení jejich pozornosti. Výsledky poukázaly, že větší efekt rozptýlení pozornosti se projevil v časování u dětí ve věku 5 let. Vnímání délky trvání intervalů u mladších dětí bylo dle autorek výrazněji ovlivněno nečasovými informacemi, které si vyžádaly větší poměr zdrojů pozornosti. To v případě časových intervalů vedlo k tomu, že je 5leté děti posuzovaly retrospektivně, přeceňovaly tedy délku časových intervalů, i když byly časové úlohy prospektivního charakteru. Toto pozorování nasvědčuje tomu, že u dětí tohoto věku zpracování časových intervalů není systematicky založeno na pozornosti (Gautier & Droit-Volet, 2002).

Z výše uvedených poznatků lze tedy předpokládat, že už děti v batolecím období vykazují schopnost vytvářet časové úsudky obdobně jako dospělí. Citlivost na časování se zráním dítěte postupně zvyšuje, avšak ještě v předškolním období nedosahuje srovnatelné úrovně s citlivostí v časování dospělého jedince. Děti ve věku 3 až 6 let mají obtíže zaměřit a udržet pozornost na časování, čímž se zvyšuje variabilita v přesnosti jejich časových úsudků. Snadno se nechají ovlivnit rušivými podněty, které jejich pozornost od časování odvrací a následkem toho narušují časovou percepci. Děti v tomto věkovém rozpětí ještě nemají osvojené uvědomované časování, kterému se učí až později ve školním věku např. skrze učení se časoměrným jednotkám, a časový aspekt událostí pro ně ještě není příliš důležitý. V souvislosti s výzkumem časování u mladších dětí je také důležité mít na paměti, že výsledky v časových úlohách jsou kontaminovány náhodnými odpověďmi, které se u dítěte věkem postupně snižují a je třeba tuto skutečnost při vyhodnocování výsledků brát v potaz.

### **6.3 Časová percepce u dětí školního věku**

Ve chvíli, kdy dítě nastupuje do školy, by už mělo mít osvojené určité schopnosti, které jsou ke vzdělávání v rámci školních tříd potřeba. Od dítěte se v tomto věku vyžaduje jistá míra samostatnosti. Očekává se, že žák je schopen po určitou dobu sedět v klidu v lavici a věnovat svou pozornost učiteli, do jisté míry zvládá ovládat své impulzy a uspokojení momentálních potřeb dokáže odložit na vhodnější dobu. Vývoj pozornosti a paměti u dítěte je jedním ze zásadních aspektů přispívajících ke schopnosti učit se novým znalostem, které jsou v rámci vyučovacích hodin dítěti předkládány. Postupně si dítě mladšího školního věku osvojuje dovednost psaní, čtení a počítání a seznamuje se s novou perspektivou, která dává

již známému okolnímu světu nový jasný řád a pravidla. Vzhledem k tematickému zaměření práce mě v tomto vývojovém období zajímají specifika časové percepce a schopnosti intervalového časování. Z předchozích odstavců se dá očekávat, že u dětí v průběhu školního věku dochází dále k vývoji citlivosti v časování a časová percepce se postupně přibližuje výslednému stavu časování dospělého. V příštích řádcích se tedy zaměřím na studie, které se věnovaly časování u dětí školního věku.<sup>25</sup>

Zdá se, že citlivost v časování se zvyšuje mezi 3. až 10. rokem života s tím, že mezi 8. a 10. rokem se přibližuje k úrovni citlivosti charakteristické pro dospělého jedince (Zélandi & Droit-Volet, 2011). V současnosti se zásadní role v oblasti časové percepce nejvíce spojuje se dvěma mozkovými strukturami: prefrontálním kortexem a striatem, kdy zrání těchto dvou struktur probíhá odlišně. Rozsáhlá oblast bazálních ganglií, striatum, je oproti prefrontálnímu kortexu fylogeneticky starší a dozrává značně rychleji. Stablní objem frontálního kortexu je dosažen až kolem 5. roku věku a nadále se pozvolna vyvíjí do období adolescence. Spolu se zráním mozkových struktur pozorujeme změny ve schopnosti diskriminovat časové intervaly, kdy při dosaženém věku 8 let jsou děti u kratších intervalů schopny produkovat kvalitativně srovnatelné časové soudy, jako dospělí. Naproti tomu mladší děti ve věku 5 let ve srovnání s osmi letými dětmi a dospělými jedinci, vykazují v časových úsudcích významně větší variabilitu (Droit-Volet, 2011).

Jak už bylo zmíněno, v oblasti výzkumu dětské časové percepce je zásadní, jaké časové úlohy jsou pro testování použité. SET model předpokládá, že úlohy, které využívají explicitní paradigma v časování, jako je tomu například u bisection task úlohy, od participanta vyžadují schopnost akumulovat a udržet délku trvání kotvy nebo standardního intervalu v pracovní paměti a dále je srovnat s dalšími prezentovanými časovými intervaly. Čím delší je časový interval, tím větší je to zátěž pro pracovní paměť. Funkce pracovní paměti se dle dosavadních výsledků studií mezi 5 až 11 lety věku zlepšují (Gethercole et al., 2016; in Qu, Shi, Zhang & Gu, 2021) a je tedy pravděpodobné, že právě nároky, které úloha

---

<sup>25</sup> V této práci jsem původně chtěla období školního věku rozdělit na mladší a starší a rozdíly v časování mezi těmito obdobími porovnat. Nakonec jsem se však přiklonila k obecnější úrovni, která obě období absorbuje, jelikož jsem nedohledala dostatečné množství studií, které by cílily na starší školní věk cca (12+ let věku). V textu dále zmíním, proč tomu tak pravděpodobně je.

na pracovní paměť klade, může přesahovat schopnosti pracovní paměti dítěte v daném vývojovém období (Qu, Shi, Zhang & Gu, 2021).

Gautierová a Droit-Volet (2002) se ve své studii, kterou jsem již představila v předchozí sekci, zaměřily na časování u 5 a 8letých dětí pod vlivem rozptýlení pozornosti. Použily k tomu bisection task, ve kterém prezentovaly vizuální stimulus jak krátké (2 s) tak dlouhé (8 s) délky trvání. Výsledky studie ukázaly rozdílný efekt, který měl distraktor na časování u těchto dvou věkových skupin. Při prezentování distraktoru byl ve skupině 8letých dětí „bisection point“ signifikantně vyšší než v případě časové úlohy bez rozptylujícího stimulu. Psychofyzická funkce se za těchto podmínek posunula doprava, což se projevilo jako zkrácení vnímané délky časového intervalu. Podhodnocování časového intervalu autorky interpretovaly jako způsobené odvedením pozornosti distraktorem. V kontrastu s tím se u 5letých dětí projevila opačná tendence, kdy „bisection point“ byl nižší. Psychofyzická funkce se posunula směrem doleva a vnímaná délka intervalu se prodloužila. Tento výsledek autorky přisoudily odlišnému způsobu zpracování časových informací u mladších dětí, které by dle nich mohlo být založeno na paměťových procesech. U starších, 8letých dětí, se už projevilo stejný způsob zpracování časových informací jako u dospělých – zpracování časových informací založené na pozornosti.

Zásadní úlohu, kterou v časování u dětí zastává pozornost, zdůraznil také ve své studii Dan Zakay (1992). V této studii zkoumal na úlohách odhadu časových intervalů roli pozornosti u 7 a 9letých dětí. Výsledky ukázaly, že (1) stejně jako u dospělých mají prospektivní časové odhady u dětí tendenci být delší než v případě retrospektivního paradigmatu, a že (2) rozptýlení pozornosti v průběhu prezentace daného časového intervalu v rámci prospektivního paradigmatu způsobí zkrácení reprodukce tohoto časového intervalu jak u dospělých, tak u dětí. Z toho autor usuzuje, že procesy spojené s prospektivním časováním u dětí v tomto věku stojí na pozornosti stejně jako u dospělých. Dalším zjištěním bylo, že stejně dlouhé časové intervaly byly dětmi posuzovány jako delší v případě, že se jednalo o stimulus vyšší intenzity nebo větší velikosti, což potvrzuje existenci tzv. fenoménu *více je více* („*the more is more behavior*“), na který upozornil ve své práci Levin (1977, 1979; in Zakay, 1992). Toto přeceňování výrazných stimulů se projevilo jednak v prospektivním, jednak v retrospektivním paradigmatu. Fenomén „více je více“ ukazuje na odlišný způsob, jakým děti ve srovnání s dospělými v tomto věku uvažují o čase. Děti mají

větší tendenci než dospělí asociovat si délku časové události nebo intervalu s délkou jiného aspektu události, například s dimenzí vzdálenosti nebo rychlosti, případně s velikostí, jasem nebo intenzitou. Spojení např. delší vzdálenosti s delším časovým intervalem, k němuž děti inklinují, svědčí o jejich způsobu logického uvažování, o tom, jak smýšlí o čase, a obecně jak smýšlí o světě a jeho fungování.

Zdá se, že rozdíly v časové percepci mezi věkovými skupinami jsou do velké míry závislé na paměťových a pozornostních schopnostech, které se s ohledem na věk liší. Cindy Lustigová a Warren Meck (2011) ve společné studii srovnávali časování napříč věkovými skupinami za použití dvou odlišných modalit (audio, vizuální). Konkrétně prostřednictvím bisection task testovali časování u 8letých dětí, u dospělých mezi 18 až 25 lety a u starších dospělých mezi věkem 60 až 75 let. Zvukové stimuly jsou ve srovnání s vizuálními stimuly obecně v časových soudech nadhodnocovány a tento efekt lze pomocí SET vysvětlit tak, že pro tyto dvě modalit existují pozorností způsobené odlišnosti v rychlosti vnitřních hodin. V případě vizuálních stimulů jsou vnitřní hodiny pomalejší, jelikož vizuální signál není natolik efektivní při uzavření pozornostního spínače. Tím narušuje akumulaci pulzů, které indikují délku časovaného intervalu. V této studii se u časování mezi skupinami projeví rozdíly, kdy u dětí i starších dospělých se ukázal větší efekt modality než u mladých dospělých, nicméně tento efekt se u těchto dvou skupin projevil z odlišných důvodů – děti měly tendenci vizuální stimul časově nadhodnocovat a starší dospělí ho naopak podhodnocovali. Dle Lustigové a Mecka pozorovaný efekt modality u 8letých dětí souvisí se specifickými danými vývojového období a naznačuje, že u dětí v tomto věku jsou vizuální reprezentace v dlouhodobé paměti ve srovnání s auditorními stimuly znevýhodněné.

SET model funguje na úrovních operací vnitřních hodin, paměťových procesů a procesů rozhodování, jejichž funkce by rozdíly v časové percepci mezi věkovými skupinami mohly vysvětlovat. Výše jsem zmínila vysvětlení na základě pozornostních funkcí a dále na základě dlouhodobé nebo pracovní paměti. Ve článku od Weardena a Jonese (2012) je analyzován případný původ rozdílů v kontextu SET. Autoři dochází k závěrům, že rozdíly v časování nemohou pramenit z odlišné rychlosti vnitřních hodin u různých věkových skupin a přiklání se k vysvětlení těchto rozdílů na základě paměťových procesů, kdy jedinci mohou chybně kódovat standardní časový interval a časové úsudky jsou tím pak ovlivněny. Tuto variabilitu v paměťových funkcích lze podle autorů vysvětlit buď (1) rozdílnou kapacitou

pozornosti mezi věkovými skupinami, kdy obtíže zaměřit a udržet pozornost na časové trvání, které se u dětí typicky projevuje, jim znemožňuje uložit do paměti odpovídající délku trvání daného časového intervalu, nebo (2) neschopností uložit reprezentaci odpovídající délky časového intervalu kvůli obtížím s pamětí jako takovou.

Poslední studii, kterou v kontextu časování u dětí školního věku představím, je studie, která k testování rozdílů v časové percepci využila časových úloh generalizace. Zde se porovnávaly tři věkové skupiny, dětí ve věku 5 a 10 let a dospělí. McCormack, Wearden, Smith a Brown (2005) k testování časování u těchto tří skupin využili dva typy úloh časové generalizace – epizodickou generalizaci, ve které se žádný časový interval neopakoval a úlohy časové generalizace, ve kterých se standard časového intervalu opakoval. Autoři tento postup zvolili, aby zjistili, zda zlepšení, které se s věkem v časování objevuje, souvisí s přesnější časovou percepcí, nebo s lepší dlouhodobou pamětí u dospělých. Zkoumali, zda a jakým způsobem percepční a mnemotechnické procesy přispívají k zlepšování v časování v průběhu vývoje. Podle autorů většina studií tento trend zlepšování v časování přisuzovala paměťovým funkcím. Ale právě SET model, o který se tyto studie opíraly, počítá s tím, že časové intervaly, které mají být jedincem posuzovány, nejsou ničím zastřeny. McCormack et al. (1999, in McCormack et al., 2005) navrhli alternativní vysvětlení, že percepce každého časového intervalu je náchylná na rušivé vlivy, které odpovídají délce daného intervalu – čím delší je vnímaný časový interval, tím více je náchylný na zkreslení rušivými vlivy. Na základě toho autoři vyvozují, že úroveň percepčního narušení se s věkem postupně snižuje a variabilita v časových úsudcích klesá.<sup>26</sup> Ve studii (2005) bylo zlepšení v časování s ohledem na vývoj patrné u obou typů úloh, tedy i v případě úlohy, kde nebyl přítomen standard, a tudíž zde nebyly zapojeny mechanismy dlouhodobé paměti. Autoři z těchto výsledků usoudili, že v průběhu vývoje dochází nejen ke změnám v paměťových funkcích, ale také k percepčním změnám, které mohou souviset s pozornostními funkcemi. Důležité je také zjištění, že výraznější variabilita v časování byla patrná převážně u dětí ve věku 5 let, u kterých bylo patrné zlepšení v časových úlohách se standardem. U starších dětí toto zlepšení již nebylo téměř patrné a skupina dospělých měla v obou typech časových úlohách podobné výsledky.

---

<sup>26</sup> Platí do mladé dospělosti – v průběhu stámutí dochází opět k větší variabilitě v časování.

Z odstavců výše lze předpokládat, že u dětí školního věku se přesnost v časové percepci nadále zvyšuje. Ze zmíněných studií lze vyvozovat, že zásadní roli má ve vývoji časování zrání paměti a zlepšování schopnosti zaměřit a udržet pozornost na čas, ale také schopnost regulovat své chování a postupné snižování náchylnosti na rušivé vlivy. Fenomén „více je více“, který je v časování pro děti do určitého věku charakteristický, ukazuje u dítěte i odlišné uvažování o čase. Dítě si postupně osvojuje schopnost měřit objektivní čas za pomoci určitých nástrojů (např. počítání, hodin). Pravděpodobně i díky těmto nabytým schopnostem a zkušenostem o čase začíná být schopno přemýšlet nezávisle na dalších přítomných podnětech. Přiblížení se k citlivosti v časování dospělého jedince dochází okolo 10. roku, ale citlivost se dále pozvolna zvyšuje až do období adolescence, kdy dozrává prefrontální kortex.

## **7 Vývoj dětské časové percepcce z pohledu Piagetovy teorie**

V této kapitole stručně představím vlivnou Piagetovu teorii kognitivního vývoje a základní východiska, která v její souvislosti autor představil. V návaznosti na to pak z vývojové perspektivy porovnáám dosavadní poznatky o časové percepci, které jsem představila v předchozích kapitolách, s tím, jak k vývoji vnímání času přistupovat Jean Piaget. Autor svou teorii představil téměř před sto lety a od té doby došlo k mnoha pokrokům v chápání lidského vývoje. I přesto je však teorie kognitivního vývoje v oblasti vývojové psychologie nadále vlivnou a řada odborníků se k ní stále do jisté míry vztahuje. Proto se v této části práce budu zabývat tím, jak vývoj časové percepcce u dítěte nahlížel Jean Piaget a následně zhodnotím rozdíly mezi současnými perspektivami v oblasti vývoje časového vnímání s Piagetovými poznatky relevantními pro toto téma.

### **7.1 Zásadní východiska Piagetovy teorie**

Pro J. Piageta byly v kontextu vývoje zásadní operace. Operace v jeho pojetí představují soubor určitých akcí, které jedinci umožňují vytvářet logické struktury. Tyto operační struktury utvářejí základ vědění a staví se na nich psychologická realita jedince. Vývoj je pak dle Piageta procesem, který se týká celku struktur jedincových znalostí. Zásadním úkolem je podle autora porozumět tomu, jakým způsobem se tyto struktury

formují, organizují a jak fungují (Piaget, 1964). Na to je třeba hledět z hlediska vývojových stadií, kdy každé z nich nasedá na předchozí stadium a navazuje na konstrukci, která v předchozím období vznikla. Tuto již utvořenou konstrukci na nové úrovni integruje v kontextu aktuálních možností a okolností a rozvíjí v konstrukce nové, čímž připravuje příchod dalšího stadia. Pro každé z vývojových stadií, která zanedlouho představím, je příznačná určitá celostní struktura, skrze kterou lze nahlížet specifické reakce pro dané vývojové období (Piaget & Inhelderová, 1997). Proto aby byly nové zkušenosti integrovány do dosavadních schémat, je potřeba asimilace. Asimilace předpokládá aktivní účast jedince ve vztahu k podnětu, nejde tedy jen o pasivní přijímání zvnějšku. Zásadní je zde totiž reciproční vztah mezi subjektem a podnětem. Je to tedy proces, který začleňuje zkušenosti do již vytvořených schémat chování a tato schémata lze pak na úrovni činnosti aktivně opakovat. Pokud se mají vytvořit schémata nová, je k tomu nutná akomodace (Piaget, 1999). Ta nastává v případě, kdy na základě působení vnějších podnětů jedinec změní své dosavadní schéma. Mysl jedince se tedy v případě akomodace přizpůsobí těmto vlivům a na základě toho změní či vytvoří nové kognitivní struktury (Thorová, 2015). Psychologický vývoj člověka Piaget vztahuje ke čtyřem základním činitelům, které se na něm vzájemně podílí a nelze je vnímat v kontextu vývoje nezávisle na sobě. Jde o faktory biologického zrání, učení, sociální interakce a autoregulace (Piaget & Inhelderová, 1997). Tyto faktory společně působí na jedincův celistvý vývoj a projevují se v rámci každého vývojového období. Piaget ve své teorii dále vyčleňuje čtyři hlavní stadia, podle kterých vývoj jedince postupuje: senzomotorické, předoperační, stadium konkrétních operací a stadium formálních operací.

### **7.1.1 Senzomotorické stadium**

Pod toto stadium je zahrnuto období prvních cca 18 měsíců jedincova života. Je to fáze, ve které se utváří základ pro pozdější reprezentace jedincova vědění. Postupně zde dochází ke konstrukci stálosti objektu,<sup>27</sup> senzomotorického prostoru, časové posloupnosti a jednoduché senzomotorické kauzality (Piaget, 1964). V tomto období ještě dítě nemá osvojenou symbolickou funkci, ale je schopno si vytvářet organizaci světa podle výše

---

<sup>27</sup> Když je v prvních měsících života jedinci prezentován nějaký objekt a posléze z percepčního pole zmizí (například je zakryt), přestává pro jedince existovat. Později ve vývoji už dítě objekt začíná hledat (například se natahuje po závěsu, za kterým byl objekt skryt).

zmíněných struktur příčinnosti i časoprostoru, které si však osvojuje na základě vjemů a pohybů. Z počátečního dětského egocentrismu, kdy je vše odvozováno a vztahováno k jedincově tělu, postupně dochází k decentraci, kdy dítě na konci senzomotorické fáze začíná diferencovat objekty, a vlastní osobu umisťuje jako objekt mezi ně. Na začátku tedy dítě zná jen množinu odlišných prostorů, které souvisí s jeho tělesnými vjemy (orální, dotykový, zrakový prostor) a není schopno vnímat prostor jako jednotný. V průběhu senzomotorické fáze dítě tyto prostory postupně koordinuje a sjednocuje. Svět dítěte se stává časoprostorově uspořádaným, funguje zde již určitá forma příčinnosti, díky které jedinec vnímá prostorové vztahy mezi objekty. Jedinec je v tomto věku schopen vnímat časový aspekt událostí pouze skrze očekávání. Postupnou organizací prostoru a poloh se pak u jedince vytváří objektivní časové řady na základě přemísťování předmětů v prostoru. Objev stálosti předmětu a jejich přemísťování v prostoru vedou ke strukturaci kauzality. Všechna tato schémata tvoří základ pro vytváření operací v pozdějším vývojovém období, dochází zde k počátku vratnosti, která je pak pro tyto operace dle Piageta naprosto klíčová (Piaget & Inhelderová, 1997).

Senzomotorické stadium Piaget dále člení do 6 subfází. První substadium nazývá stadiem reflexů, kdy dítě skrze spontánní a celostní činnosti svého organismu začíná diferencovat některé z činností a v určitých případech již zvládá vyprodukovat funkční aktivitu. Dítě postupně zvládá provádět reflexní cvičení u reflexů, které jsou z hlediska dalšího vývoje zásadní, čímž toto chování dále zpevňuje a podporuje ho v dalším opakování. Tím dochází k reprodukční asimilaci, která později přechází v asimilaci zobecňující.<sup>28</sup> V další fázi senzomotorického stadia se utváří první zvyky, a to na základě výsledku činnosti jedince nebo nějakého vnějšího impulzu. Jedinec zatím cíle dosahuje pouze náhodně a ve své činnosti ho ještě není schopen rozlišit. Ve třetím sub-stadiu kruhové reakce dítě už postupně začíná cíl od prostředku rozlišovat. V následujících dvou sub-fázích dítě začíná prostředky a cíle koordinovat – ve čtvrté používá pouze ty prostředky, které jsou obsahem známých asimilačních schémat, a v páté se prostřednictvím diferenciací těchto ustanovených schémat už snaží nalézat prostředky nové. Šestá, poslední fáze, značí konec senzomotorického stadia. Dítě si zde kombinace interiorizuje a díky nim je schopné

---

<sup>28</sup> Dítě například nesaje pouze při kojení prs matky, ale cucá si i svůj palec, jiné předměty – postupně je také schopné rozpoznat rozdíl mezi palcem a bradavkou (Piaget, 1997).

dosáhnout vzhledu a najít nové prostředky k cíli – dochází zde tedy ke zvnitřnění schémat (Piaget & Inhelderová, 1997).

### 7.1.2 Předoperační stadium

Předoperační fáze spadá do období od cca 2 až 6 let věku dítěte a představuje zásadní předěl mezi prvním senzomotorickým stadiem a stadiem konkrétních operací. Dítě v tomto období postupně přechází od samotné činnosti k operacím. Musí do svých představ integrovat osvojené znalosti, které vychází z bezprostřední činnosti. K tomu výrazně napomáhá jazyk – dítě skrze sémiotickou funkci jazyka postupně zkušenosti interiorizuje do své mysli a je schopné s nimi dále pracovat na symbolické úrovni představ a skrze komunikaci se svým sociálním okolím začíná vydělovat subjekty od předmětů. Tím se decentrace nevztahuje pouze k předmětům, ale nově také k sociálnímu světu. Komunikace se stává ve vývoji zásadní i proto, že na jejím základě dochází ke koordinaci představ s představami okolí a tím vzniká základ pro objektivní vnitřní koherenci a univerzálnost pozdějších operačních struktur (Piaget & Inhelderová, 1997). Všechny tyto procesy stojí na schématech, které se utvořily v předchozí fázi. Dítě si sice konstruuje reprezentace o světě, ale zatím ještě nemá osvojenou hlavní podmínku pro vznik vratnosti, konzervaci, kterou se operace vyznačují. Na tento stav Piaget poukázal ve svých experimentech. V jednom z nich experimentátor přelil před dítětem vodu z jedné sklenice do druhé sklenice jiného tvaru, což způsobilo, že hladina vody byla v druhém případě na jiné úrovni. Děti v tomto období ještě nedokážou konzervovat množství, a tak soudí, že v jedné sklenici je více vody než ve druhé (Piaget, 1964).

Předoperační stadium může být dále rozděleno do dvou substadií. Hovoříme nejprve o substadiu symbolických funkcí, ve kterém je dítě schopné utvářet si představy o předmětech, i když zrovna nejsou přítomné, využívat symbolické funkce předmětů (např. ve hře<sup>29</sup>), jeho myšlení je však stále v zásadě egocentrické, což se projevuje v komunikaci i ve vnímání a chápání světa. Druhé substadium Piaget nazývá intuitivním, jelikož dítě již má poměrně rozsáhlé znalosti o světě, ale při řešení problému využívá své intuice a řídí se zpravidla vizuálními vjemy. Tato subfáze zahrnuje věk cca mezi 4 až 7 lety a pro děti je v tomto období charakteristické klást řadu otázek a hromadit další znalosti o světě. Jedinec

---

<sup>29</sup> Nahradí předmět symbolem – například klacek symbolizuje pušku.

ve svých úsudcích silně spoléhá na své dosavadní zkušenosti, je pro něj zásadní aktuální stav situace a při jejím řešení je schopen brát v potaz jen jeden její aspekt (Thorová, 2015).

### 7.1.3 Stadium konkrétních myšlenkových operací

Mezi asi 7. až 12. rokem si jedinec osvojuje operace klasifikace, řazení, vzniká zde povědomí o číslech, utváří se prostorové a časové operace a staví se základy pro logické třídy a vztahy. Toto období Piaget nazývá stadiem konkrétních operací, jelikož se operace týkají pouze konkrétních předmětů a jejich reálného kontextu, nikoliv hypotéz, ke kterým dítě dochází v navazujícím posledním stadiu formálních operací (Piaget, 1964). Jednoduchým příkladem konkrétních operací je spojení dvou různých tříd v jednu,<sup>30</sup> kdy se schémata díky této manipulaci zvnitřňují a stávají se vratnými, což je nezbytnou podmínkou pro existenci operací. Operace tedy můžeme nazývat vratnými transformacemi, jsou společné všem lidem a neexistují samy o sobě, ale pouze v kontextu celostních systémů. Stávají se významnou strukturou kognice, jedinec v rámci operací přemýšlí, vnímá, chápe a organizuje vnitřní i okolní svět (Piaget & Inhelderová, 1997).

Když srovnáme výkon ve výše popsáném experimentu mezi dětmi z předoperačního stadia s dětmi v období fáze konkrétních operací, vidíme posun u dětí starších. Ty už rozumí tomu, že při přelévání vody z jedné nádoby do nádoby jiného tvaru, se přelévá stále stejné množství tekutiny. Dítě si tedy postupně osvojuje vratnost, kdy nejprve dochází ke konzervaci množství, poté okolo 7 až 8 let ke konzervaci hmoty a ve věku cca 9 až 10 let ke konzervaci objemu. Díky tomu je schopné rozumět transformaci v operačním slova smyslu, tzn. aby transformace mohla proběhnout, je nejprve potřeba konzervovat výchozí stav (množství, hmotu, objem) – pak je možné se v transformačním procesu vrátit k původnímu stavu věci. Konkrétní operace představují plynulý přechod mezi činnostmi a pozdějšími logickými strukturami. V tomto období dochází k sjednocení osvojených zkušeností z činností v jeden funkční celek a dítě stále lépe strukturuje objektivní skutečnost (Piaget, 1964).

---

<sup>30</sup> Například třída bratrů a sester se sjednotí ve třídu sourozenců.

#### **7.1.4 Stadium formálních operací**

Poslední fází kognitivního vývoje je fáze formálních (hypoteticko-deduktivních) operací, do které jedinec vstupuje kolem 12. roku života. V tomto období je dítě schopné vytvářet hypotézy a umí pracovat s abstraktními představami (Piaget, 1964). V případě formálního myšlení je jedinec schopen oddělit formu od obsahu, což mu umožňuje vyvozovat závěry z pouhých hypotéz. Na úrovni myšlení dochází k odpoutání se od závislosti na konkrétních předmětech a díky tomu zvládá konstruovat libovolné vztahy a třídy z libovolných elementů. To mu otevírá možnost o problémech přemýšlet nezávisle na jejich konkrétních aspektech a vytvářet takřka neomezené množství kombinací, skrze které pak na problém lze nahlížet. V myšlení se vytváří základní struktura typická pro jeho formální mechanismy, která je syntézou předešlých struktur vratnosti, které vznikly v předchozích fázích vývoje. V tomto období je již možné mezi těmito strukturami přecházet a vzájemně je sjednocovat (dvojitá vratnost, kombinatorika), což jedinci otevírá zcela nové možnosti. Objevují se nová operační schémata, která jsou na sobě nezávislá (např. proporcionalita, některé formy pravděpodobnosti, pochopení hydrostatické rovnováhy). Ve stadiu formálních operací tedy dochází k restrukturační konkrétních operací, které jsou integrovány do nových struktur a již nejsou závislé na přímém vztahu k objektům. Jedincovo myšlení se stává flexibilnějším a umožňuje mu přemýšlet v abstraktních pojmech, srovnávat i vytvářet nové hypotézy a aktivně a kriticky zpracovávat informace o světě v kontextu dosavadního poznání. Rozvoj těchto struktur od období cca 11 až 12 let dále pokračuje v adolescenci a doprovází jedince po celý zbytek života (Piaget & Inhelderová, 1997).

#### **7.2 Vývoj vnímání času podle Piageta**

Vývoj pojetí času a časové percepce nelze z pohledu Jeana Piageta oddělit od prostoru a pohybu, který se v prostoru odehrává. Zjednodušeně je prostor nehybným snímek času a čas je prostorem v pohybu. Prostor dle autora představuje jeden ze základních atributů logiky, který spolu s časem uspořádává prvky světa do smysluplného celku. Je systémem konkrétních operací, které nelze vnímat izolovaně od zkušeností, jelikož právě na základě zkušeností operace vznikají a dále je pak modifikují a transformují. Postupným vývojem je však myšlení schopné se od konkrétního kontextu oprostit a stát se formálním. Tento proces lze přenést i do oblasti časového vnímání, kdy čas, a to pouze ve formě krátkých časových

intervalů, lze dle Piageta vnímat jako samostatný systém až poté, co byl v mysli zkonstruován. Tento operační čas pak zahrnuje vztahy časové posloupnosti a časového trvání, které se zakládají na obdobném principu logických operací. S tímto předpokladem se operační čas liší od času intuitivního, který je závislý na konkrétním vjemu časové posloupnosti a délky časového trvání (Piaget, 1999).

Piaget pojem času řadí do kategorie tzv. infralogických operací, které kombinují neměnné předměty. Jsou to operace, které nezahrnují objekty, ale týkají se pouze transformací stavů či pozic. Z těchto infralogických operací vznikají v průběhu vývoje pojmy času a prostoru a jsou tedy pro jedince stejně zásadní jako operace logické, jelikož oba typy operací vznikají paralelně. Piaget tedy pojem času nevnímá v samotném vjemovém kontextu, ale v kontextu osvojených operací, které z vjemové činnosti vyrůstají ve formě decentrace a schopnosti přenášení (to platí i pro prostor). Dává zde příklad toho, že tzv. názorný čas neplyne rovnoměrně, ale je závislý na konkrétních objektech a pohybech. Dítě v období, kdy časový aspekt události chápe tímto způsobem, ještě nemá pro odlišné rychlosti osvojený pojem společného času – přemýšlí tak, že rychlé znamená dlouhé, protože vyšší rychlostí se objekt dostane v prostoru dále (Piaget, 1999).

Tento příklad odkazuje k autorově pojetí časového vnímání jako pevně spojeného se vzpomínkami, kauzalitou a pohybem. Aby byl jedinec schopen určit čas, musí vytvořit spojení mezi příčinami a následky a vysvětlit následek jeho příčinou – musí se tedy vztahovat ke kauzálním operacím. Rekonstrukce nevratné časové posloupnosti událostí předpokládá vratnost myšlení, jednodušeji řečeno, vyžaduje schopnost provést operace, které umožňují procházet sekvencemi událostí oběma směry (dopředu i dozadu). Toho jsou dle autora děti schopné až po dosažení určitého věku (cca 7 až 8 let). Do té doby nejsou schopné zvažovat v mysli více aspektů současně, a nejsou tak schopné dosáhnout operační vratnosti, která je pro rekonstrukci časové posloupnosti nezbytná. Okolo 8 let, kdy dítě dosáhne stadia konkrétních operací, už zvládá správně rekonstruovat pořadí událostí, protože má osvojenou vratnost. Autor usuzuje, že jestliže je čas spojen s kauzalitou a nevratným sledem událostí, musí být časové operace potřebné pro konstrukci časové posloupnosti podobné operacím, které jedinci umožňují rekonstruovat přemístění objektů v prostoru.

Na základě tohoto předpokladu provedl experiment, ve kterém testoval vnímání časové posloupnosti u dětí různého věku. V rámci této studie byly dětem prezentovány dvě na sobě umístěné sklenice o stejné kapacitě.<sup>31</sup> Do horní, která měla odlišný tvar, pak byla nalitá obarvená tekutina, která v pravidelných intervalech plnila spodní nádobu ve fixním množství tekutiny, dokud se spodní nádoba nenaplnila a vrchní nádoba nezůstala prázdná. Experimentátor participantovi před započítím experimentu rozdal papíry, na kterých byly kresebně znázorněné tyto dvě prázdné nádoby. Poté dítě dostalo instrukce, aby v jednotlivých fázích experimentu zakreslovalo úroveň vody ve dvou nádobách<sup>32</sup> do znázorněných nádob na papíře. Když se celý obsah vrchní nádoby přelil do spodní, papíry se zakreslenými úrovněmi byly zamíchány a dítě je mělo za úkol seřadit ve správném pořadí. Ve druhé části experimentu experimentátor rozstříhal papíry se dvěma nádobami napůl, aby tak od sebe dvě nádoby na obrázku oddělil. Poté bylo dítě opět vyzváno k tomu, aby obrázky seřadilo tak, jak měly jít časově po sobě. Experimentátor na závěr dítěti pokládal otázky a zjišťoval, jak děti vnímaly časovou posloupnost, simultánnost přelévání vody u dvou nádob i časové trvání jednotlivých fází přelévání tekutiny. V experimentu se ukázalo, že děti v senzomotorickém stadiu ještě nedovedou seřadit nerozstříhané kresby tak, jak jdou po sobě. To podle Piageta znamená, že děti v tomto období ještě nechápou časovou posloupnost. Děti ve druhé vývojové fázi již byly schopné nerozdělené kresby správně seřadit, ale poté, co experimentátor papíry rozstříhal, si s řazením už neuměly poradit. Piaget tento výsledek vyhodnotil tak, že děti v tomto období mají intuici o fyzikálním aspektu procesu přelévání vody a o odpovídajícím časovém faktoru. Nejsou ale ještě schopné tuto intuici přetvořit v operační systém, který v sobě obsahuje vztahy časové posloupnosti a simultánnosti. Děti ve stadiu konkrétních operací se úspěšně vypořádaly s oběma úlohami. (Piaget & Pomerans, 1969)

Piaget hovoří o tom, že vnímání celé sekvence se odlišuje od jednotlivých sekvencí vnímání, a to proto, že v prvním případě jde o kombinaci stavů. Když se od sebe tyto stavy izolují, už v sobě nezahrnují časový aspekt, což je právě případ druhý. Aby jedinec zvládl intelektuálně uchopit časovou posloupnost, musí být schopen dát do vzájemného vztahu tyto jednotlivé

---

<sup>31</sup> Vrchní nádoba je ve tvaru obrácené hrušky a spodní je ve tvaru válce. Obě nádoby jsou spojené tak, aby z vrchní mohla protéct voda do spodní.

<sup>32</sup> Dítě do připravených kreseb s prázdnými nádobami zakreslovalo úroveň hladiny vody v jednotlivých fázích přelévání tekutiny.

stavy v kontextu celého pohybu. To mu umožňuje přeměnit prostorovou posloupnost na posloupnost časovou. Jestliže tento závěr aplikujeme do kontextu vývojových fází, v případě 1. substadia předoperačního období (intuitivní substadium) jsou děti schopné vybavit si na intuitivní úrovni celkový pohyb a seřadit díky tomu stavy události (nerozstřížené obrázky) pouze na základě prostorových charakteristik. V této fázi vývoje časových konceptů je dítě schopné rekonstruovat fáze pohybu jednoho objektu, ale ještě je nezládá vztahovat k fázím pohybu dalších těles. Jeho myšlení ještě není natolik pružné, aby bylo schopné koordinovat dva různě rychlé pohyby a vnímat je kombinovaně. Ve chvíli, kdy si tuto schopnost jedinec osvojí, dosáhne dle Piageta pochopení času jako takového. Autor tento závěr podpořil příkladem, kdy dítě v předoperační fázi nepřipouští, že by dva běžci, kteří běží jinou rychlostí, mohli do cíle doběhnout současně.<sup>33</sup>

Ve stadiu konkrétních operací si dítě osvojuje schopnost grupovat – schopnost zahrnovat do sebe více různých faktorů. Díky tomu je schopen uchopit časový aspekt událostí ve své komplexitě a jednotlivé stavy uvést do vzájemného vztahu časové posloupnosti a simultánnosti (Piaget & Pomerans, 1969).

Podle Piageta se vytvoření pojmu času v jedincově mysli zakládá ve své finální podobě na 3 typech operací. Nejprve je jedinec schopen události řadit tak, jak šly po sobě, což tvoří základ pro časovou posloupnost. Poté zvládá „spoluzahrnovat“ intervaly mezi události (grupování), a to je zdrojem vnímání délky časového trvání. Ve třetí fázi je jedinec schopen čas již měřit (Piaget & Inhelderová, 1997). Dítě v senzomotorickém stadiu má jen určité časové dojmy, konkrétně ve formě očekávání (např. očekává, že po koupeli bude uloženo do postýlky). S tím, jak si osvojuje stálost objektů, je schopné organizovat polohy přemístění předmětů v prostoru. V souvislosti s touto organizací poloh se utvářejí objektivní časové řady (nejprve byl objekt na jednom místě a později byl přesunut na místo jiné).

Dítě v předoperačním stadiu má tendenci se vztahovat k cílovým bodům – je pro něj důležitý výsledek, nikoli komplexita události. Postupně ale začíná brát v potaz také vzrůstající a klesající délku intervalů a konečně se dostává ke schopnosti spojit do jednoho celku délku trvání a dráhu pohybu. Dítě tedy před dosažením stupně konkrétních operací délku trvání vnímá pouze v kontextu obsahu události a nedokáže do svého úsudku zahrnout

---

<sup>33</sup> Například když pomalejšího běžce v cílové rovině dobíhá rychlejší běžec.

rychlost. Dítě tedy například usoudí, že: pokud se předmět dostal dál v prostoru, musel tento přesun trvat delší dobu; nebo že se ručička na hodinách pohybuje různou rychlostí v závislosti na tom, jakou událost měří. Později, ve stadiu konkrétních operací, je již dítě schopné přihlížet k dalším faktorům a obsah události dává do vztahu s rychlostí jejího průběhu. Díky tomu si tak jedinec vytváří čas ve formě objektivního vztahu a může se skrze operace zaměřit na průběh času jako takového (Piaget & Inhelderová, 1997).

### **7.3 Srovnání dosavadních poznatků o vývoji časové percepce s Piagetovou teorií**

Vnímání času v Piagetově pojetí představuje schopnost, kterou si v průběhu svého vývoje jedinec postupně osvojuje. Člověk se dle autora s touto schopností do světa nerodí a trvá poměrně dlouhou dobu, než ji plně ovládá. Tohoto bodu dosahuje ve stadiu konkrétních operací, do kterého vstupuje okolo 7 až 8 let. V předchozích vývojových stadiích si skrze zkušenosti, komunikaci, biologické zrání a autoregulaci utváří základy pro uchopení pojmu času jako takového ve své finální podobě.

Z řady studií, které se věnovaly zkoumání vývoje časové percepce, vyplývá, že už v novorozeneckém a kojeneckém věku je dítě schopné od sebe časové intervaly odlišit (Colombo & Richman, 2002; Brannon et. al (2004). Proti vrozené schopnosti časovat stojí model vyhasínání paměťové stopy od Addymana et. al (2011), dle kterého se dítě učí časovat skrze vlastní motorickou aktivitu, která je v tomto smyslu pro dítě jakýmsi metronomem. Tento model lze do jisté míry vztáhnout k Piagetově pohledu na vývoj časování, které uváděl do neoddělitelného vztahu se strukturací pohybu v prostoru. Pro sensorické období je charakteristický absolutní egocentrismus a dítě vše odvozuje od vlastních tělesných vjemů. Prostor ještě nevnímá jednotě, nýbrž jako množinu prostorů. Postupně se pak v průběhu této fáze učí prostory koordinovat, a tak se jeho svět stává časoprostorově uspořádaným. V obou případech tedy jedinec dochází k časové informaci prostřednictvím jiné dimenze nežli časové. Zmíněný model od Addymana et. al (2011) nicméně nebyl ve výzkumu ověřen a zůstává pouze alternativním vysvětlením pro zrod časové percepce. Naproti tomu existují četné důkazy, které podporují existenci elementární časové percepce ve velmi raném věku (Provasi, Rattat & Droit-Volet, 2010; Brannon, Suanda & Libertus, 2007; Colombo & Richman, 2002, Comishen & Adler, 2019). Zatímco Piaget schopnost časového vnímání

uváděl do kontextu myšlenkových operací a předpokládal tak plné uchopení pojmu času až v období konkrétních operací, kdy je dětské myšlení na rozvinutější úrovni, většina současných výzkumníků této oblasti přesnost v časové percepci spojují s pozorností a pamětí. Pro Piageta bylo biologické zrání nervových struktur pouze jedním z řady faktorů, které působí na vývoj časového vnímání, ale v současných studiích časové percepce u dětí se právě rozvoj paměťových a pozornostních struktur (které na sobě do jisté míry závisí) jeví jako naprosto zásadní.

U dětí, které svým věkem spadají do předoperačního stadia, se ve výzkumu časové percepce už běžně používají stejné nebo obdobné časové úlohy jako u dospělých. Časové odhady jsou v tomto období silně ovlivněné konkrétním kontextem, ve kterém jsou produkovány. Časová percepce je tedy náchylná na vlivy dalších působících faktorů, jako například na vlastnosti prezentovaného podnětu (rychlost, velikost, hlasitost...), na působení fyziologických a emočních stavů. Zkreslení časových soudů, které je způsobené výše zmíněnými proměnnými, je typické i u dospělého jedince, avšak u mladších dětí toto zkreslení pozorujeme v daleko větším rozsahu (Droit-Volet, 2013). Při testování takto starých dětí velice záleží na tom, jakým způsobem jsou jim předány instrukce k časovým úlohám – např. pokud je dětem zdůrazněno, aby se soustředily přímo na časový aspekt intervalů, podávají v časování lepší výkon. To je patrné např. ve výzkumu provedeném Vivian Pouthas (1993). Piaget o tomto vývojovém období hovoří jako o fázi, kdy jsou děti schopné zaměřit se pouze na jeden aspekt události a na základě toho usuzují o délce trvání časových událostí. Postupně si v předoperačním stadiu dítě osvojuje řeč, a to mu umožňuje komunikovat se svým okolím a koordinovat s ním vlastní představy o světě, které již nabývají symbolické funkce. Dítě se v průběhu tohoto období při řešení problémů začíná řídit intuicí, která se opírá o jeho dosavadní zkušenosti a odvíjí se zpravidla od vizuálního charakteru událostí. Myšlení je tedy v tomto věku závislé na aktuálním stavu dané situace a při jejím řešení konkrétního problému jedinec není schopen brát ohled na více než jeden jeho aspekt (vjemový). Projev tohoto fenoménu bychom mohly nalézt i ve zmíněných výzkumech dětské časové percepce – v tomto vývojovém období je například v případě explicitních časových úloh časování vysoce náchylné na vliv nečasových informací, což vede k narušení časové percepce, a to v některých případech do takové míry, že dítě není schopné od sebe časové intervaly odlišit (Droit-Volet, 2016). Nicméně tuto narušenou schopnost vnímat

časový aspekt události Droit-Volet nepřisuzuje úrovni dětského usuzování, ale doposud ještě plně nerozvinuté pozornosti. Postupně s jejím rozvojem se ukazuje, že je dítě schopné rušivým vlivům účinněji odolávat a odchylky v časových soudech se zmenšují. Důležité je také konstatovat, že Piaget vnímání času u dětí netestoval v izolované formě, nýbrž v kontextu dalších dimenzí (prostor a pohyb), které vnímal jako od času neoddělitelné. V dosavadních výzkumech časování však můžeme pozorovat, že pokud je časový interval prezentován spolu s dalšími faktory, je pozornost od časování do jisté míry odkloněna. Zvláště u mladších dětí, které mají kapacitu pozornosti nižší než dospělí jedinci, tedy tato forma klade na pozornostní kapacitu velké nároky a přesnost v časových soudech se tím snižuje. Děti v jeho časových úlohách mohly podávat horší výkony, jelikož jim chyběla kapacita pozornosti na vnímání časového aspektu události.

Piaget ukončení vývoje pojmu času umisťuje do stadia konkrétních operací. V tomto období je dítě schopné utvářet operace a skrze ně vnímat bezprostřední dění. Tohoto bodu ve vývoji dítě docílí díky přípravě v předchozích stádiích. Ve chvíli, kdy zvládne stavy konzervovat a porozumí jejich vratnosti, je připraveno tyto operace vytvářet, zatím tedy pouze s konkrétními předměty – na tomto základě je schopné také operovat s čísly a číselnou řadou. V tomto období se sjednotí zkušenosti z činností ve funkční celek a díky tomu je dítě schopné lépe strukturovat skutečnost. Zvládá od tohoto momentu brát v potaz více než jeden faktor události a podle Piageta je přesně to klíčem k pochopení času samého v celé své šíři. Tím se vytváří čas ve formě objektivního vztahu a jedinec se prostřednictvím operací může zaměřit na průběh času jako takového. Zélanti a Droit-Volet (2011) uvádí, že v tomto období skutečně dochází k přiblížení se citlivosti v časování na úroveň dospělých jedinců. V tomto období se také zlepšuje pozornost i paměť a děti od cca 8 let podávají výrazně lepší výkony v časových soudech než děti předškolního věku. Kolem tohoto věku se u dětí v rámci explicitních úloh objevuje stejný princip zpracování časových informací, jako u dospělých – časování je založené na pozornosti. Ve srovnání s tím se časování u mladších dětí zdá být založené na paměťových procesech a vykazuje větší variabilitu (Droit-Volet, 2002). Nicméně ještě u tohoto věku Dan Zakay (1992) pozoroval, že děti mají větší tendenci než dospělí u stejně dlouhých intervalů posuzovat jako delší ty, které mají vyšší intenzitu (fenomén „více je více“). Děti mají ještě ve věku 7 a 9 let tendenci asociovat si délku časového intervalu s délkou jiného aspektu intervalu (např. s dimenzí vzdálenosti, rychlosti,

velikosti). Tento objev stojí v kontrastu s Piagetovou představou, ve které jsou takto staré děti již schopné nahlížet na událost celistvě bez tendence vztahovat se k jednomu faktoru události. Výzkumy vývoje časování tedy skutečně nasvědčují výraznému zvýšení citlivosti v časování u dětí ve školním věku. Zároveň však poukazují na to, že vývoj časové percepce ještě není ukončen a dále se zpřesňuje až do období adolescence (Lustig & Meck, 2011). Tomu nasvědčuje i vývoj prefrontálního kortexu, který se jeví jako důležitá oblast v oblasti časové percepce – jeho stabilní objem je dosažen asi okolo 5. roku lidského života, nicméně se nadále vyvíjí až do období adolescence (Droit-Volet, 2011).

## 8 Diskuze

V této práci jsem se soustředila pouze na určitou část lidského života (dětství) a nezabývala jsem se vlivem stárnutí na časování, který je ovšem sám o sobě zajímavou oblastí bádání a zasloužil by si dostatečný prostor pro zpracování.

Zásadními se v oblasti vývoje časování jeví být pozornost a paměť, které se v řadě zde uvedených výzkumů ukázaly mít významný vliv na časování. Důležitou podmínkou pro to, aby jedinec mohl posoudit délku časového intervalu, je schopnost zaměřit pozornost na časový aspekt události a udržet ji po dobu jejího trvání. Pokud je od časování pozornost odkloněna, dochází k narušení časové percepce, což vede ke zkresleným a nepřesným časovým soudům. Podle představených studií, které se na zkoumání tohoto problému zaměřily, v dětství pozornost ještě není plně vyvinuta. Čím je dítě mladší, tím větší má se zaměřením a udržením pozornosti potíže, což se projevuje také jako snížená citlivost v časování. Vliv pozornosti na časování lze pozorovat u jedinců s poruchou pozornosti – u těchto jedinců se projevuje narušení časové percepce. Postupně se s věkem pozornost zlepšuje a dítě je schopné ji lépe regulovat a úspěšněji odolávat rušivým vlivům. Tím se i jeho časování stává přesnějším. V kontextu prezentovaných studií je otázkou, do jaké míry a jakým způsobem byly děti o časových úlohách informované. Vzhledem k tomu, že mladší děti ještě zjevně nečasují na vědomé úrovni, je otázkou, zda pro ně situace časových úloh nepředstavuje zcela novou výzvu. V jedné ze studií, kterou jsem představila, se ukázalo, že jestliže dítěti bylo explicitně řečeno, aby se soustředilo na délku trvání časového intervalu, jeho výkon se v časových úlohách významně zlepšil. Pokud tedy ve vybraných

experimentech mladším dětem nebyly podány adekvátní instrukce, mohla tato skutečnost zkreslit výsledky ve výkonech v časování u dětí.

Další důležitou podmínkou pro vytváření relativně přesných časových soudů se ukázaly být paměťové procesy. Některé časové úlohy od participantů vyžadují srovnávání dvou a více různě dlouhých časových intervalů. Aby byl jedinec schopen mezi sebou délky intervalů srovnávat, musí si je uložit do pracovní paměti. Aktuální časový interval pak má možnost srovnat s reprezentacemi časových intervalů uložených v paměti a na základě toho učinit časový soud. Paměťové procesy však ještě u malého dítěte nejsou plně rozvinuty a v průběhu zrání se paměťové schopnosti zlepšují. Do jisté míry paměťové deficity u dětí mohou souviset s deficity v pozornosti – jestliže dítě není schopné udržet pozornost na prezentovaný časový interval, nemůže do své paměti uložit odpovídající reprezentaci onoho intervalu a tím dochází ke zkreslení délky trvání na úrovni paměti. Tyto závěry vedou k potřebě vnímat narušení časové percepce v kontextu možné variability ve vývoji mezi jedinci, ale také v souvislosti s poruchami pozornosti nejen u dětí. Je například možné, že narušení časové percepce u dětí s ADHD může způsobovat některé projevy, které jsou pro diagnózu charakteristické (např. skákání do řeči, motorická neobratnost).

Problematická v interpretaci výsledků zde mohou představovat nejednotné metodologické postupy, které se ve výzkumech časové percepce používají. Vzhledem k tomu, že mechanismus časové percepce doposud není objasněn, existuje řada teorií, skrze které se k časové percepci přistupuje. Už jen mé stručné shrnutí rozličných modelů poukazuje na nutnost nalézt jednotný přístup, skrze který by bylo možné časovou percepci zkoumat. Obecně lze však shrnout, že významná většina představených výzkumů, které se orientovaly na zkoumání vývoje časové percepce, přikládala zásadní roli ve vývoji časové percepce zrání určitých oblastí mozku, které jsou s časováním spojeny – a to hlavně zrání striata a prefrontálního kortexu.

Piaget v kontextu své teorie kognitivního vývoje schopnost časové percepce testoval i vykládal odlišně. Schopnost adekvátní časové percepce přisuzoval vyspělým myšlenkovým operacím, které se začínají tvořit v průběhu stadia konkrétních operací. Dle něj se člověk se schopností časovat nerodí, ale postupně si ji osvojuje na základě znalostí z předešlých stadií. Objektivní časové soudy je pak jedinec schopný vytvářet až po osvojení si konzervace a vratnosti, na kterých stojí operace. I přes značné rozdíly, které jsou patrné mezi Piagetovým

pojetím vývoje časování a mezi východisky, která pramení z poměrně nedávného zkoumání vývoje časové percepce, lze nalézt i některé shodné body. V obou případech se časová percepce v průběhu vývoje zlepšuje – u nejmladších dětí bývá nejméně přesná. A v obou případech je zdůrazněn vliv řady proměnných na časování (např. vjemy), kdy efekt těchto proměnných je větší u mladších dětí.

## **Závěr**

V práci jsem se zaměřila na ranou ontogenezi časové percepce, konkrétně na vývojová specifika intervalového časování. Pokusila jsem se zde představit všechny modely intervalového časování, které pro vybrané téma byly relevantní. Uvedla jsem některé postupy, jaké se ve výzkumu časování využívají a podala jsem výčet několika proměnných, které na časování mají vliv. Jistá limitace spočívá v tom, že stanovený rozsah práce zdaleka neumožňuje prozkoumat všechny možnosti, které téma nabízí. Z kapacitních důvodů jsem se nemohla dostat k dalším zajímavým aspektům, které však v objasnění vývoje časové percepce mohou hrát důležitou roli, jako například vztah přesnosti časových soudů a osvojení si početních operací. I přesto je zde možné nalézt některé zajímavé závěry týkající se rané ontogeneze časové percepce.

Hlavním zjištěním v kontextu vývoje časové percepce se ukázala být tendence zvyšování citlivosti v časování v průběhu dětského vývoje. Zásadní vliv na toto postupné zlepšování časové percepce ve vývoji se projevil v oblasti pozornosti a paměti, které v dětství ještě nejsou plně vyvinuté a věkem se postupně oba procesy zlepšují. Děti však schopnost rozlišovat časové intervaly projevují již tak brzy, jako v prvních měsících po svém narození.

Další výzkumy by se měly zaměřit na zkoumání vývoje časové percepce ve své větší celistvosti. Naprostá většina studií, které jsem v práci uvedla, zkoumala vývoj časové percepce pouze v úzkých věkových kategoriích, což výzkumníkům nedovolilo sledovat plynulý vývoj časové percepce v průběhu dětství. Zkoumání vývoje časové percepce v celé jeho šíři, od početí po smrt, by mohlo poskytnout nové informace a pomoci objasnit mechanismus časové percepce. K tomu je však zapotřebí pokusit se alespoň do jisté míry sjednotit metodologické postupy ve zkoumání. V této práci jsem se pokusila o souhrnný přehled dosavadních výsledků ve výzkumu vývoje časové percepce u dětí od jejich narození po cca 10 let věku. V budoucnu bych ráda na toto téma navázala v rámci své diplomové práce. Využila svých dosavadních znalostí a dále je prohloubila, konkrétně v oblasti vlivu stárnutí na časovou percepci.

## Seznam použitých zdrojů

1. Addyman, C., French, R., Mareschal, D., & Thomas, E. (2011). *Learning to perceive time: A connectionist, memory-decay model of the development of interval timing in infants*. Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society, 33. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/2kh5p87p>
2. Allan L. G. (1998). *The influence of the scalar timing model on human timing research*. Behavioural processes, 44(2), 101–117. [https://doi.org/10.1016/s0376-6357\(98\)00043-6](https://doi.org/10.1016/s0376-6357(98)00043-6)
3. Allman, M. J., Penney, T. B., & Meck, W. H. (2016). *A Brief History of “The Psychology of Time Perception”*, Timing & Time Perception, 4(3), 299-314. doi: <https://doi.org/10.1163/22134468-00002071>
4. Allman, M. J., Teki, S., Griffiths, T. D., & Meck, W. H. (2014). *Properties of the internal clock: first- and second-order principles of subjective time*. Annual review of psychology, 65, 743–771. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010213-115117>
5. Arstila, V., Geogescu, A., Pesonen, H., Lunn, D., Noreika, V., & Falter-Wagner, C. (2020). *Event timing in human vision: modulation factors and independent functions*. PLOS One, 15 (8), e e0226122. [e0226122]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226122>
6. Bangert, A. S., Kurby, C. A., & Zacks, J. M. (2019). *The influence of everyday events on prospective timing “in the moment”*. Psychon Bull Rev, 26, 677–684. <https://doi.org/10.3758/s13423-018-1526-6>
7. Bartholomew, A. J., Meck, W. H., & Cirulli, E. T. (2015). *Analysis of Genetic and Non-Genetic Factors Influencing Timing and Time Perception*. PloS one, 10(12), e0143873. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143873>
8. Bass J. (2012). *Circadian topology of metabolism*. Nature, 491(7424), 348–356. <https://doi.org/10.1038/nature11704>
9. Block, R. A., Grondin, S., & Zakay, D. (2018). *“ Prospective and Retrospective Timing Processes: Theories, Methods, and Findings”*. In Timing and Time Perception: Procedures, Measures, and Applications. Leiden, The Netherlands: Brill. doi: [https://doi.org/10.1163/9789004280205\\_003](https://doi.org/10.1163/9789004280205_003)

10. Block, R. A., & Gruber, R. P. (2014). *Time perception, attention, and memory: a selective review*. *Acta psychologica*, 149, 129–133. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2013.11.003>
11. Block, R. A., & Zakay, D. (1996). *Models of psychological time revisited*. *Time and mind*, 33(9), 171-195.
12. Brannon, E. M., Roussel, L. W., Meck, W. H., & Woldorff, M. (2004). *Timing in the baby brain*. *Brain research. Cognitive brain research*, 21(2), 227–233. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.04.007>
13. Brown, S. W., & Stubbs, D. A. (1992). *Attention and interference in prospective and retrospective timing*. *Perception*, 21(4), 545–557. <https://doi.org/10.1068/p210545>
14. Buhusi, C. V., & Meck, W. H. (2005). *What makes us tick? Functional and neural mechanisms of interval timing*. *Nature reviews. Neuroscience*, 6(10), 755–765. <https://doi.org/10.1038/nrn1764>
15. Chelonis, J. J., Flake, R. A., Baldwin, R. L., Blake, D. J., & Paule, M. G. (2004). *Developmental aspects of timing behavior in children*. *Neurotoxicology and teratology*, 26(3), 461–476. <https://doi.org/10.1016/j.ntt.2004.01.004>
16. Church, R.M. (1984), *Properties of the Internal Clock*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 423: 566-582. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1984.tb23459.x>
17. Colombo, J., & Richman, W. A. (2002). *Infant timekeeping: attention and temporal estimation in 4-month-olds*. *Psychological science*, 13(5), 475–479. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.00484>
18. Comishen, K. J. , and Adler, S. A. (2019). “ *The development of infants' expectations for event timing*,” *Timing Time Percept.* 7, 219–242. [10.1163/22134468-20191148](https://doi.org/10.1163/22134468-20191148)
19. Dibner, C., Schibler, U., & Albrecht, U. (2010). *The mammalian circadian timing system: organization and coordination of central and peripheral clocks*. *Annual review of physiology*, 72, 517–549. <https://doi.org/10.1146/annurev-physiol-021909-135821>
20. Droit-Volet, S. (2016). *Development of time*, *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 8, 102-109. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.02.003>.

21. Droit-Volet S. (2013). *Time perception in children: a neurodevelopmental approach*. *Neuropsychologia*, 51(2), 220–234.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.09.023>
22. Droit-Volet, S. (2011). *Child and Time*. In: Vatakis, A., Esposito, A., Giagkou, M., Cummins, F., Papadelis, G. (eds) *Multidisciplinary Aspects of Time and Time Perception*. Lecture Notes in Computer Science(), vol 6789. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-21478-3\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-642-21478-3_13)
23. Droit-Volet, S., Clément, A., & Wearden, J. (2001). *Temporal generalization in 3- to 8-year-old children*. *Journal of experimental child psychology*, 80(3), 271–288.  
<https://doi.org/10.1006/jecp.2001.2629>
24. Droit-Volet, S., & Gil, S. (2016). *The emotional body and time perception*. *Cognition & emotion*, 30(4), 687–699. <https://doi.org/10.1080/02699931.2015.1023180>
25. Droit-Volet, S., & Gil, S. (2009). *The time-emotion paradox*. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 364(1525), 1943–1953. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0013>
26. Effron, D. A., Niedenthal, P. M., Gil, S., & Droit-Volet, S. (2006). *Embodied temporal perception of emotion*. *Emotion (Washington, D.C.)*, 6(1), 1–9.  
<https://doi.org/10.1037/1528-3542.6.1.1>
27. Gautier, T., & Droit-Volet, S. (2002). *Attentional distraction and time perception in children*. *International Journal of Psychology*, 37, 27-34.
28. Gil, S., & Droit-Volet, S. (2012). *Emotional time distortions: the fundamental role of arousal*. *Cognition & emotion*, 26(5), 847–862.  
<https://doi.org/10.1080/02699931.2011.625401>
29. Gil, S., Niedenthal, P. M., & Droit-Volet, S. (2007). *Anger and time perception in children*. *Emotion (Washington, D.C.)*, 7(1), 219–225. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.7.1.219>
30. Grondin S. (2014). *About the (non)scalar property for time perception*. *Advances in experimental medicine and biology*, 829, 17–32. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1782-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1782-2_2)

31. Grondin S. (2010). *Timing and time perception: a review of recent behavioral and neuroscience findings and theoretical directions*. *Attention, perception & psychophysics*, 72(3), 561–582. <https://doi.org/10.3758/APP.72.3.561>
32. Hallez, Q., Damsma, A., Rhodes, D., van Rijn, H., & Droit-Volet, S. (2019). *The dynamic effect of context on interval timing in children and adults*. *Acta psychologica*, 192, 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2018.10.004>
33. Howard, M. W., & Eichenbaum, H. (2013). *The hippocampus, time, and memory across scales*. *Journal of experimental psychology. General*, 142(4), 1211–1230. <https://doi.org/10.1037/a0033621>
34. Ivry, R. B., & Schlerf, J. E. (2008). *Dedicated and intrinsic models of time perception*. *Trends in cognitive sciences*, 12(7), 273–280. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.04.002>
35. Kalafut, K. L., Freestone, D. M., MacInnis, M. L. M., & Church, R. M. (2014). *Integrating timing and conditioning approaches to study behavior*. *Journal of Experimental Psychology: Animal Learning and Cognition*, 40(4), 431–439. <https://doi.org/10.1037/xan0000037>
36. Lake, J. I., LaBar, K. S., & Meck, W. H. (2016). *Emotional modulation of interval timing and time perception*. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 64, 403–420. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.03.003>
37. Lustig, C., & Meck, W. H. (2011). *Modality differences in timing and temporal memory throughout the lifespan*. *Brain and cognition*, 77(2), 298–303. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2011.07.007>
38. MacDonald, C. J., Fortin, N. J., Sakata, S., & Meck, W. H. (2014). *Retrospective and Prospective Views on the Role of the Hippocampus in Interval Timing and Memory for Elapsed Time*, *Timing & Time Perception*, 2(1), 51-61. doi: <https://doi.org/10.1163/22134468-00002020>
39. Matthews, W.J., & Meck, W.H. (2016). *Temporal cognition: Connecting subjective time to perception, attention, and memory*. *Psychological bulletin*, 142 8, 865-907 .
40. Matthews, W. J., & Meck, W. H. (2014). *Time perception: the bad news and the good*. *Wiley interdisciplinary reviews. Cognitive science*, 5(4), 429–446. <https://doi.org/10.1002/wcs.1298>

41. McCormack, T., Wearden, J. H., Smith, M. C., & Brown, G. D. A. (2005). *Episodic temporal generalization: A developmental study*. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 58(4), 693–704. <https://doi.org/10.1080/02724980443000250>
42. Meck, W. H (2003). *Functional and Neural Mechanisms of Interval Timing*. 10.1201/9780203009574.
43. Merchant, H., Zarco, W., Bartolo, R., & Prado, L. (2008). *The context of temporal processing is represented in the multidimensional relationships between timing tasks*. *PloS one*, 3(9), e3169. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003169>
44. Merchant, H., Zarco, W., & Prado, L. (2008). *Do we have a common mechanism for measuring time in the hundreds of millisecond range? Evidence from multiple-interval timing tasks*. *Journal of neurophysiology*, 99(2), 939–949. <https://doi.org/10.1152/jn.01225.2007>
45. Michon, J. A., & Jackson, J. L. (1984). *Attentional effort and cognitive strategies in the processing of temporal information*. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 423, 298–321. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1984.tb23440.x>
46. Oprisan, S. A., Dix, S., & Buhusi, C. V. (2014). *Phase resetting and its implications for interval timing with intruders*. *Behavioural processes*, 101, 146–153. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2013.09.005>
47. Piaget, J. (1999). *Psychologie intelligence*. Praha: Portál.
48. Piaget, J. & Inhelderová, B. (1997). *Psychologie dítěte*. Praha: Portál.
49. Piaget, J. & Pomerans, A. J. (1969). *The child's conception of time*. London: Routledge & K. Paul.
50. Piaget, J. (1964), *Part I: Cognitive development in children: Piaget development and learning*. *J. Res. Sci. Teach.*, 2: 176-186. <https://doi.org/10.1002/tea.3660020306>
51. Pouthas, V. (1993). *Ontogenesis of Temporal Learning in the Child Experimental Evidence and Perspectives*. *Psychologica Belgica*, 33(2), 171–183. DOI: <http://doi.org/10.5334/pb.846>
52. Qu, F., Shi, X., Zhang, A., & Gu, C. (2021). *Development of Young Children's Time Perception: Effect of Age and Emotional Localization*. *Frontiers in psychology*, 12, 688165. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.688165>

53. Švandová, L., Ptáček, R., Nikolai, T., Vňuková, M., & Raboch, J. (2018). *Neuropsychologické metody měření času*. Česká a slovenská Psychiatrie, 114(6), 264–270.
54. Thorová, K. (2015). *Vývojová psychologie*. Praha: Portál.
55. Tipples, J. (2008). *Negative emotionality influences the effects of emotion on time perception*. Emotion, 8(1), 127–131. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.8.1.127>
56. Tipples J. (2011). *When time stands still: fear-specific modulation of temporal bias due to threat*. Emotion (Washington, D.C.), 11(1), 74–80. <https://doi.org/10.1037/a0022015>
57. Tobin, S., Bisson, N., & Grondin, S. (2010). *An ecological approach to prospective and retrospective timing of long durations: a study involving gamers*. PloS one, 5(2), e9271. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009271>
58. Treisman, M., Faulkner, A., Naish, P. L., & Brogan, D. (1990). *The internal clock: evidence for a temporal oscillator underlying time perception with some estimates of its characteristic frequency*. Perception, 19(6), 705–743. <https://doi.org/10.1068/p190705>
59. van Rijn, H., Gu, B. M., & Meck, W. H. (2014). *Dedicated clock/timing-circuit theories of time perception and timed performance*. Advances in experimental medicine and biology, 829, 75–99. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1782-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1782-2_5)
60. van Wassenhove, V., & Herbst, S. K. (2020). Jones, M. R. *Time Will Tell: A Theory of Dynamic Attending*. Perception, 49(4), 488–491. <https://doi.org/10.1177/0301006620910321>
61. Vasile, C. (2015). *Time perception, Cognitive Correlates, Age and Emotions*. Procedia: Social and Behavioral Sciences, 187, 695–699. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.03.129>.
62. Wackermann, J. (2011). *On Clocks, Models and Metaphors*. Lecture Notes in Computer Science, 246–257. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-21478-3\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-642-21478-3_19)
63. Wearden J. H. (2004). *Decision processes in models of timing*. Acta neurobiologiae experimentalis, 64(3), 303–317.

64. Wearden, J. H., & Jones, L. A. (2013). *Explaining between-group differences in performance on timing tasks*. Quarterly journal of experimental psychology (2006), 66(1), 179–199. <https://doi.org/10.1080/17470218.2012.704928>
65. Wittmann M. (2009). *The inner experience of time*. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, 364(1525), 1955–1967. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0003>
66. Wittmann M. (1999). *Time perception and temporal processing levels of the brain*. Chronobiology international, 16(1), 17–32. <https://doi.org/10.3109/07420529908998709>
67. Wittmann, M., & van Wassenhove, V. (2009). *The experience of time: neural mechanisms and the interplay of emotion, cognition and embodiment*. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences, 364(1525), 1809–1813. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0025>
68. Zakay, D. (2014). *Psychological time as information: The case of boredom*. Frontiers in Psychology, 5, Article 917. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00917>
69. Zakay D. (1992). *The role of attention in children's time perception*. Journal of experimental child psychology, 54(3), 355–371. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(92\)90025-2](https://doi.org/10.1016/0022-0965(92)90025-2)
70. Zélanti, P. S., & Droit-Volet, S. (2011). *Cognitive abilities explaining age-related changes in time perception of short and long durations*. Journal of experimental child psychology, 109(2), 143–157. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2011.01.003>