

Univerzita Palackého v Olomouci
Filozofická fakulta
Katedra psychologie

**Experimentální ověření validity introspektivní složky výzkumů
Benjamina Libeta**

**The experimental verification of validity of the introspective
element in Benjamin Libet's research**



Magisterská diplomová práce

Autor: Tomáš Dominik

Vedoucí práce: Mgr. et Mgr. Martin Zielina, Ph.D.

Olomouc

2016

Poděkování

Především děkuji svému vedoucímu práce, Martinu Zielinovi, za jeho zápal do Libetova experimentu a svobodné vůle, kterým mě úspěšně nakazil. Tato práce by nemohla vzniknout ani bez výrazného přispění dalších členů „libetovského“ týmu, kterými jsou: Jan Šmahaj, Zuzana Sedláčková, Roman Procházka a Daniel Dostál – děkuji všem za dosavadní výborně odvedenou vědeckou práci. Děkuji našim externím spolupracovníkům, kteří nám pomohli s technickým řešením laboratoře. Rovněž patří můj dík všem participantům, kteří se našich výzkumů zúčastnili nebo teprve zúčastní. Za podporu v tom, co dělám, děkuji i své rodině a Káji Penčákové.

Prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem magisterskou diplomovou práci na téma: „Experimentální ověření validity introspektivní složky výzkumů Benjamina Libeta“ vypracoval samostatně pod odborným dohledem vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V dne

Podpis

Obsah

Obsah	1
Úvod.....	4
Teoretická část	5
1 Východiska a hlavní oblasti Libetových experimentů.....	5
1.1 Senzorické prahy a zpětné časování	6
1.2 Spontánní volní pohyb	7
1.3 Vědomé veto	7
1.4 Vědomé mentální pole	8
1.5 Diskuze a pozdní práce	8
2 Libetův experiment	9
2.1 Vzorek.....	9
2.2 Použité vybavení.....	9
2.2.1 Měření EEG	9
2.2.2 Experimentální hodiny	11
2.2.3 Měření EOG	12
2.2.4 Měření EMG	12
2.2.5 Kožní stimulace.....	12
2.3 Průběh experimentu	12
2.3.1 Sebou iniciované volní akty (<i>self-initiated voluntary acts</i>)	15
2.3.2 Motorické akty v předem stanovených časech (<i>pre-set motor acts</i>).....	16
2.3.3 Kožní stimulace v předem neznámých časech (<i>skin stimuli at unknown times</i>)	16
2.3.4 Módy vybavení A a O	16
2.4 Libetovy výsledky.....	18
2.4.1 Libetovy závěry ohledně naměřených RP	18

2.4.2 Libetovy závěry ohledně subjektivního časování události	21
2.4.3 Libetovy závěry ohledně vědomé a nevědomé iniciace nebo kontroly volního procesu	24
3 Diskuze a kritiky Libetových experimentů.....	25
3.1 Kritika Libetova experimentu jako celku	25
3.2 Kritika Libetovy instrukce a metod sběru dat.....	25
3.3 Reinterpretace Libetových závěrů	27
3.4 Výzkumy možného klinického využití Libetova experimentu.....	29
4 Svobodná vůle.....	30
4.1 Definice svobodné vůle	30
4.2 Teoretické přístupy ke svobodné vůli	31
4.3 Libetův přístup ke svobodné vůli.....	33
Empirická část.....	35
5 Studie Libetova experimentu na katedře psychologie FF UP.....	35
6 Revize Libetova experimentu	36
6.1 Vznik výzkumného týmu a stanovení cílů výzkumu.....	36
6.2 Vzorek.....	37
6.3 Použité vybavení.....	38
6.3.1 Řízení experimentu	39
6.3.2 Měření EEG	40
6.3.3 Měření EMG a záznam pohybu	41
6.3.4 Experimentální hodiny	42
6.3.5 Měření EOG.....	43
6.3.6 Kožní stimulace.....	43
6.4 Průběh experimentu	44
6.5 Očekávané výsledky	47
7 Ověření validity introspektivní výpovědi	50

7.1 Výzkumný cíl a výzkumné otázky.....	51
7.2 Metody.....	51
7.3 Výzkumný soubor.....	54
7.4 Proměnné.....	55
7.5 Hypotézy.....	56
7.6 Statistická analýza.....	57
7.7 Výsledky.....	58
7.7.1 Výsledky Experimentu 1.....	58
7.7.2 Výsledky experimentu 2.....	62
7.8 Diskuze.....	65
7.9 Limity.....	67
Závěr.....	68
Souhrn.....	69
Citovaná literatura.....	73
Abstrakt	
Přílohy	
Příloha 1: Zadání diplomové práce	
Příloha 2: Příklad pracovního kontrolního seznamu („ <i>checklistu</i> “)	
Příloha 3: Vzorová strana z manuálu pro revizi	

Úvod

Libetův experiment je kontroverzním tématem soudobé vědy. Jeho přesahy ovlivňují moderní neurovědy, filozofii a, jak ukázaly poslední roky výzkumů, také psychiatrii. Proto je v zájmu těchto disciplín, aby byl Libetův experiment správně interpretován a aby existovala určitá jistota, že jeho závěry jsou správné. Jak ale ukazuje přes 30 let diskuzí, Libetův experiment musí do jednoznačnosti ujít ještě dlouhou cestu.

Jednou z velkých slabin zmíněného experimentu je jeho práce se subjektivními dojmy. Ty jsou ze své podstaty přístupné pouze subjektu samotnému, a tak je velmi důležité ověřit jejich spolehlivost. Přesně to je hlavním cílem této diplomové práce. Práce vznikla jako jeden z produktů projektu zaměřeného na revizi Libetova experimentu realizovaného na Katedře psychologie Univerzity Palackého v Olomouci v akademickém roce 2015/2016.

Jak se od empirické diplomové práce očekává, má svou část teoretickou a empirickou (také někdy nazývanou „praktickou“). Obsahem teoretické části je především průvodce světem Libetova experimentu – od popisu jeho východisek (v kapitole 1) a detailů (v kapitole 2) přes kritiky a komentátory (v kapitole 3) až po zařazení do širokého kontextu filozofického chápání svobodné vůle (v kapitole 4). Náplň empirické části pak tvoří dvě velká výzkumná témata řešená v rámci vědeckého projektu na Katedře psychologie FF UP (popsaného v kapitole 5). Těmito tématy jsou popis přípravy a dosavadního průběhu revize původního experimentu (v kapitole 6) a představení našeho vlastního experimentu, který má za cíl ověřit výše uvedenou spolehlivost subjektivních výpovědí probandů (v kapitole 7). Výsledky této naší studie mohou být pro čtenáře překvapivé, jelikož poměrně jasně poukázaly na značné nedostatky v Libetově metodologii; takové, které mohou změnit dosavadní pohled na celý experiment.

Výzkum je podpořen projektem IGA FF_2015_022 a je realizován výzkumným týmem ve složení těchto osob: Martin Zielina (vedoucí této práce), Jan Šmahaj, Daniel Dostál, Roman Procházka, Zuzana Sedláčková a Tomáš Dominik (autor této práce).

Teoretická část

1 Východiska a hlavní oblasti Libetových experimentů

Historie lidstva je lemována velkými objevy světa kolem nás – objevili jsme kolo, oheň, zemědělství, zpracování kovů; na lodích jsme obepluli zemi, v letadlech objevili svět z ptáčích perspektivy, v raketách opustili bezpečí domácí planety. Víme toho velmi mnoho o světě kolem nás ve srovnání s tím, kolik toho víme o vlastních mozcích. S přelomem 19. a 20. století překročily naše úvahy o mentálních procesech v mozku oblast filozofie a pronikly do empirických věd.

V roce 1937 Penfield a Boldrey (in Schott, 1993) poprvé zveřejnili své grafické zobrazení homunkula – „mapy“ mozku, která znázorňovala, jak jsou zastoupeny jednotlivé periferie lidského těla v mozkové kůře. Penfield a Boldrey zjistili, že elektrickou stimulací konkrétních oblastí mozku lze vyvolávat specifické vjemy. Kromě tohoto pozoruhodného poznatku se začaly objevovat i přesvědčivé důkazy, že mentální události se mohou projevat specifickou aktivitou, kterou lze objektivně měřit s pomocí elektroencefalografu. Této specifické aktivitě říkáme kognitivní evokované potenciály (viz Bareš, 2011). V roce 1964 vydal Walter a jeho kolegové publikaci o kognitivním evokovaném potenciálu označovaném jako CNV (*contingent negative variation*), který se vyskytuje mezi podnětem signalizujícím, že se má jedinec připravit k akci, a pokynem k akci. Kromě tohoto evokovaného potenciálu existuje řada dalších, jako vlna P300 nebo MMN (viz Bareš, 2011).

Pro tuto práci je však zdaleka nejvýznamnějším **evokovaný potenciál typu RP** (*readiness-potential*¹) objevený a popsáný Kornhuberem a Deeckem (1965). Tento potenciál se vyskytuje před provedením spontánního pohybu. Na tomto poznatku postavil svůj výzkum americký neurovědec Benjamin Libet, který je ústředním bodem této diplomové práce.

Libet se narodil 12. dubna 1916 v Chicagu a zemřel 23. července 2007 v Kalifornii. V roce 2003 se stal laureátem Virtuální Nobelovy ceny za psychologii udělenou Univerzitou

¹ V německy psané literatuře se lze setkat také s pojmem *Bereitschaftspotential* a z něho utvořenou zkratkou BP, dáváme však přednost jeho běžnějšímu anglickému ekvivalentu RP.

v Klagenfurtu v Německu (Univerzita Klagenfurt, 2003). Mezi odbornou a značnou částí laické veřejnosti je poněkud nepřesně znám jako vědec, který experimentálně zkoumal svobodnou vůli. Tento výzkum prováděl se svým týmem v průběhu 80. let 20. století a dospěl tak k mnoha zajímavým zjištěním. Libetovy oblasti zájmu se s vývojem jeho kariéry měnili, a proto věnujeme následujících pět podkapitol popisu Libetovy akademické dráhy.

1.1 Senzorické prahy a zpětné časování

Jak Libet uvádí se své monografii (2004), svou kariéru zahájil výzkumem absolutních prahů² a kvalit sensorických podnětů potřebných k navození vědomého zážitku. Tomuto tématu se věnoval v 60. a 70. letech a přiblížil se díky němu oblasti experimentálních neurověd. Nejzásadnějším zjištěním Libeta z této doby je poznatek, že pro vznik vědomého somatosenzorického vjemu je zapotřebí kortikální stimulace trvající alespoň 0,5 s, avšak stimulace na periférii (např. na kůži) navozuje vědomý zážitek s latencí, která je vůči 0,5 s zanedbatelná (viz Libet et al., 1967).

Tento poznatek vede nevyhnutelně k otázce, jak je možné, že lidé vnímají např. dotek na ruce a své uvědomění si tohoto doteku jako současné, když mozek potřebuje rytmickou stimulaci trvající 500 ms. Jak Libet (2004) vysvětluje, je možné, že veškeré vědomé zkušenosti se časují zpětně (v literatuře bývá tento fenomén označován jako *backward referral*). Libet podložil toto tvrzení předchozími výzkumy jiných autorů. Například Crawford (1947 in Libet, 2004) zjistil, že malý světelný bod následovaný se zpožděním až 100 ms velkým zábleskem není vědomě zaregistrován, ačkoli je nadprahový. Libet totéž ověřil na taktilní sensorické modalitě a jeho výsledek rovněž svědčil ve prospěch hypotézy o zpětném časování (viz Libet et al., 1972 in Gomes, 1998). Libet navíc uvádí, že maskovací podnět lze zavést přímo do mozkové kůry, popř. že druhý podnět nemusí pouze maskovat první, ale při správné konfiguraci také zesílit jeho vnímanou intenzitu (Libet, 2004).

Oblast zpětného časování je častým cílem Libetových kritiků (např. Dennett, 1993 in Libet, 2004; Gomes, 1998; Gomes, 2002). To zřejmě proto, že jde o kontraintuitivní poznatek s výraznými implikacemi pro další Libetovy výzkumy.

² Tj. minimálních intenzit, kterými musí podnět působit na receptor, aby byl zaregistrován (Atkinson et al., 2003).

1.2 Spontánní volní pohyb

Hlavním zaměřením této práce jsou Libetovy výzkumy spontánního volního pohybu. Jde především o jeden experiment publikovaný v letech 1982, 1983 a 1985 (Libet, Wright, & Gleason, 1982; Libet et al., 1983; Libet, 1985). Libet a jeho tým v těchto pracích navázali na předpoklad, že v procesu vzniku vědomého senzorního zážitku se uplatňuje půlsekundová latence. Na základě toho se můžeme domnívat (a Libet se tak zřejmě domníval), že podobná latence se projevuje i při vzniku jiných vědomých prožitků, například zážitku vědomého přání provést pohyb nebo zážitku již započatého pohybu.

Popisu a diskuzi zmíněného experimentu se podrobně věnujeme v kapitolách 2 a 3, proto je zde zatím neuvádíme. Abychom ale mohli pokračovat ve výkladu o oblastech Libetova akademického zájmu, musíme uvést, jaké výsledky tento experiment přinesl. Nejznámější Libetův závěr (známý často i poučeným laikům) je fakt, že nevědomá neurální aktivace zaznamatelná na elektroencefalografu (EEG) předchází svalové aktivaci v průměru o cca 550 ms, kdežto subjektivně vnímané přání nebo nutkání pohnout svaem předchází svalové aktivaci v průměru pouze o cca 200 ms. Populární interpretace tohoto jevu zní, že nevědomá aktivace mozku předchází o značnou dobu mentálnímu zážitku, a tudíž nelze (přinejmenším v případě časování pohybu) mluvit o svobodné vůli.

1.3 Vědomé veto

Už v roce 1983 Libet upozornil na možnost, že navzdory jeho výsledkům (pro tezi svobodné vůle nepříliš příznivým) stále existuje možnost, že svobodná vůle se uplatňuje v průběhu oněch 200 ms, které dělí vědomé přání od fyzického pohybu. Tento projev vůle Libet nazývá „vědomým vetem“. Jeho myšlenkou je, že vědomá vůle nespočívá ve volbě z alternativ, ale v přijímání impulzů přicházejících nevědomě. Lze tedy říci, že vůle ve smyslu veta nerozhoduje „co“, ale „zda“.

Libet tento předpoklad dokládá dvěma tvrzeními. (1) Probandi v původním experimentu mívali občas dojem, že jejich nutkání nebo přání pohnout rukou náhle „zmizelo“ (*aborted*). (2) V některých pokusech, v nichž měli provést pohyb ve stanovený okamžik, byli probandi předem instruováni, aby zhruba 100 až 200 ms před stanoveným okamžikem pohyb vetovali. V takových případech byl naměřený průběh EEG podobný pokusům bez veta, přestože k pohybu ve skutečnosti nedošlo (Libet, 1985).

Myšlenka vědomého veta nenaráží na tak tvrdou kritiku jako dřívější Libetovy závěry, avšak jak ukazují diskuze dalších odborníků (viz podkapitola 3.4), ani veto nemusí být natolik vědomým fenoménem, jak Libet naznačoval.

1.4 Vědomé mentální pole

Libet v 90. letech (1994, in Libet, 1999; Libet, 2004) navrhl teorii CMF (*Conscious Mental Field*, „vědomé mentální pole“). Jde v podstatě o holistickou teorii vědomí předpokládající, že synchronizovaná aktivita neuronů vytváří ve fyzickém prostoru mozku pole, které není externě pozorovatelné a je přístupné pouze subjektu samotnému.

Navzdory tomu, jak spekulativně tato myšlenka zní, Libet navrhl (ale bohužel do své smrti v roce 2007 nerealizoval) experiment, který ji mohl ověřit. Experimentálním zásahem by měla být operativní izolace určitého výřezu mozku od zbytku tkáně, přičemž její viabilita a funkčnost zůstane zachována. Aby byla hypotéza přijata, musel by mít jedinec, u kterého by byl zákrok proveden, stále vědomé prožitky zprostředkované touto izolovanou kůrou (Libet, 2004).

1.5 Diskuze a pozdní práce

Libetovy závěry podnítily silnou vlnu kritiky a diskuzí. Proč jde o tak kontroverzní téma, uvádíme v kapitole 3. Nyní představíme dvě Libetovy význačné práce z období 90. let 20. století a počátku 21. století. Velmi přehlednou, avšak z hlediska exaktnosti poněkud povrchní publikací je Libetův článek nazvaný *Do We Have Free Will?* (1999). Důležitá je tato práce především proto, že v ní Libet překračuje svůj obvyklý empirický přístup a věnuje se také úvahám o svobodné vůli (vlastní pojem *free will* je v jeho předchozích pracích ojedinělý), o determinismu a o etických dopadech jeho experimentu. Důležitým bodem tohoto textu je poznámka, že experiment nezodpověděl otázku, zda vědomá vůle (ať už v podobě veta či jinak) je nezávislá na kauzálním nexu, neboli zda je nezávislá na deterministických zákonech. Libet zde také upozorňuje na nutnost rozlišit volní rozhodnutí „pohnout se teď“ (které zkoumá ve svých pokusech) od dlouhodobějšího „rozhodování“ (*deliberation*).

Neméně významnou je pak již několikrát referovaná monografie *Mind Time* (Libet, 2004), která nabízí zevrubný přehled všech Libetových prací od 60. let 20. století po počátek 21. století. Významným prvkem této knihy je Libetova snaha odpovědět na nejdůležitější výtky jeho kritiků, popř. interpretovat své závěry ve shodě s nimi.

2 Libetův experiment

V této kapitole uvádíme detailní popis Libetova experimentu, včetně technických parametrů, metodologických opatření a jeho interpretací získaných výsledků. Snažíme se o minimalizaci vlastního hodnocení experimentu, jelikož ta je předmětem přípravy replikace a je uvedena v empirické části této práce.

Při popisu experimentálního designu se držíme především článku Libeta a jeho kolegů z roku 1982 (Libet, Wright, & Gleason, 1982), který obsahuje detailní popis experimentálního uspořádání a rozbor neurologických aspektů experimentu (zvláště různých typů RP). O rok později (Libet et al., 1983) vydal Libet se svými spolupracovníky další článek, ve kterém rozvinul závěry prezentované v roce 1982. Tento text byl více zaměřen na psychologickou stránku experimentu; především pak na otázku introspekce, která hraje v Libetově experimentu klíčovou roli. Některé doplňující informace pak pocházejí z Libetova článku z roku 1985 (Libet, 1985).

2.1 Vzorek

Libetovými probandy bylo 6 vysokoškolských studentů (5 žen, 1 muž; všichni s dominantní pravou rukou). Data jedné ženy nemohla být plně využita vzhledem ke kvalitě EEG a minimální amplitudě RP. Tento vzorek byl rozdělen do dvou skupin. Skupina 1 byla tvořena třemi ženami, skupina 2 dvěma ženami a jedním mužem. Pokusy se skupinou 2 proběhly až několik měsíců po pokusech se skupinou 1 a bylo do nich zařazeno několik vylepšení, která vyplynula ze série pokusů se skupinou 1. Některá data pocházející z pilotních pokusů od Libeta samotného byla shledána vhodnými pro prezentaci a rovněž zahrnuta (Libet, Wright, & Gleason, 1982, s. 323).

2.2 Použité vybavení

Libetův experiment je určen pro laboratorní prostředí s patřičným vybavením, především zařízením pro snímání psychofyziologických procesů.

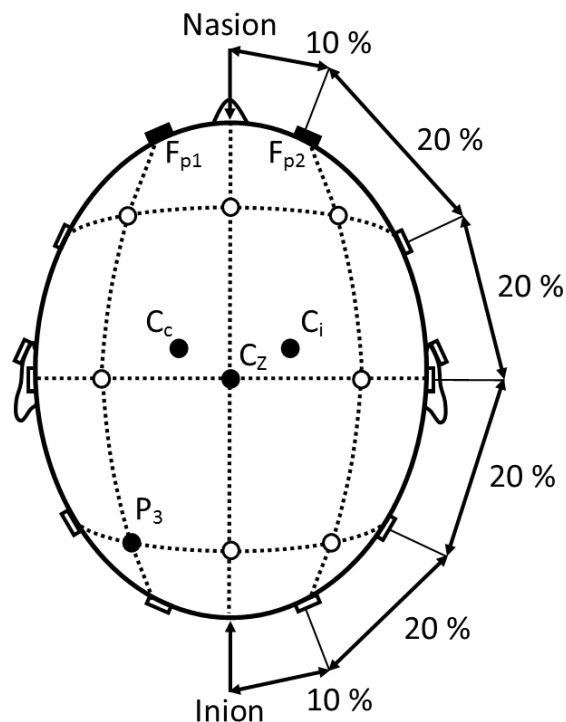
2.2.1 Měření EEG

Účelem měření EEG (elektroencefalografie) bylo zaznamenávat průběhy kognitivních evokovaných potenciálů. Pro měření byl použit DC systém se zesilovači s horním limitem nastaveným na 35 Hz. Byly použity stříbrochloridové kruhové elektrody s vodivou pastou.

Elektrody byly umísťovány na kůži očištěnou acetonem a přikryty savou látkou, aby bylo zabráněno vysychání při delším průběhu experimentu.

Většina elektrod byla aplikována podle mezinárodního systému 10-20 (viz obr. 1) a to v těchto oblastech: vertex (C_z), levá parietální oblast (P_3), levá prefrontální oblast (F_{p1}) a pravá prefrontální oblast (F_{p2}). Kromě těchto čtyř bodů Libet pracoval také se dvěma elektrodami umístěnými mimo systém 10-20: levá laterální centrální elektroda (C_c) (kontralaterální k pravé ruce, kterou byl vykonáván pohyb) a pravá laterální centrální elektroda (C_i) (ipsilaterální k pravé ruce). Menší zemní elektroda byla umístěna na levém ušním lalůčku a pro kožní stimulaci byla větší zemní elektroda umístěna na paži.

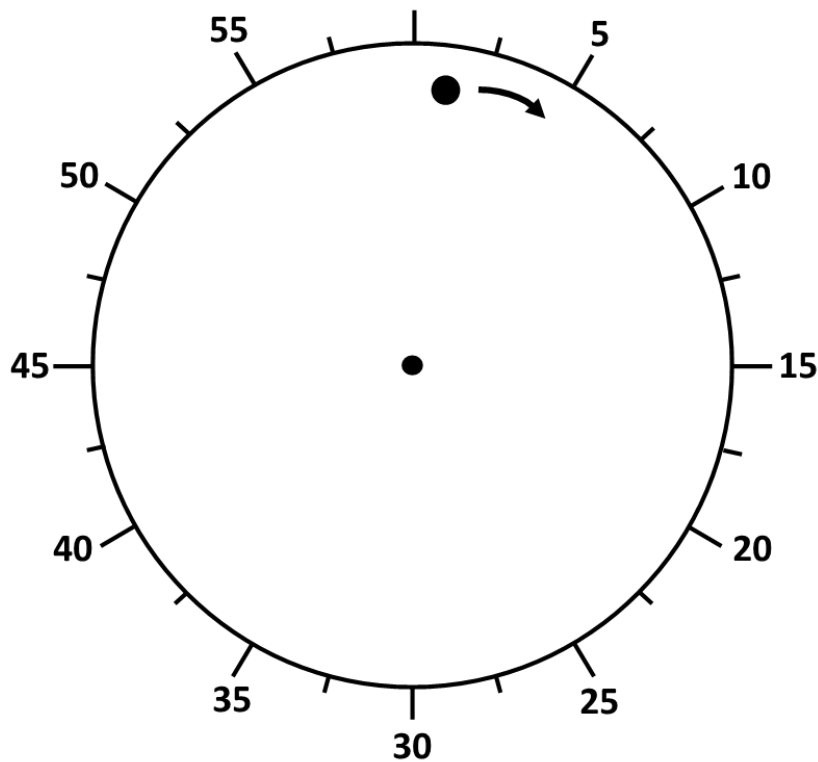
EEG signál byl analyzován ve dvousekundové periodě. V každé sérii bylo provedeno 40 pokusů (pro rozlišení pojmů „sezení“, „série“ a „pokus“ viz níže), které byly následně průměrovány v intervalech 10 ms v průběhu dvousekundové periody. Po každém pokusu byla sledována úroveň kondenzovaného napětí. Základní linie záznamu byla podle ní při každém pokusu upravena. Na závěr každé série byl odhadnut průměrný posun napětí za všechny pokusy v této sérii.



Obr. 1: Umístění EEG elektrod na hlavě probanda. Elektrody F_{p1} , F_{p2} , C_z a P_3 jsou umístěny v rámci standardního systému 10-20, zatímco elektrody C_c a C_i byly přidány navíc v souladu s designem experimentu.

2.2.2 Experimentální hodiny

Libetovy experimentální hodiny³ jsou v principu podobné běžným ručičkovým hodinám. Libet pro jejich sestavení použil osciloskop typu CRO (*cathode-ray oscilloscope*). Obrazovka osciloskopu byla široká 5 palců v průměru a měla kruhový tvar. Při experimentu byla umístěna 1,95 m před probanda, takže zorný úhel odpovídal přibližně $1,8^\circ$. Po obvodu obíhal ukazatel⁴ takovou rychlostí, aby dokončil jeden oběh přesně za 2,56 s. Vnější obvod ciferníku byl označen čísly a čárkami. Číslo označovalo každých „5 s“ (dohromady tedy ciferník obsahoval 12 čísel). Čárky pak půlily vzdálenost mezi čísly na ciferníku. Vzdálenost mezi číslem a čárkou by na běžných hodinách analogicky odpovídala 2,5 s. Na Libetových hodinách však tato vzdálenost odpovídala intervalu 107 ms (viz Libet et al., 1983, s. 625). Uprostřed ciferníku se nacházela tečka, na kterou měl proband během pokusu fixovat pohled. Design hodin vystihuje obr. 2.



Obr. 2: Schematický náčrt Libetových hodin. Šipka označuje směr pohybu ukazatele po obvodu.

³ V tomto textu je budeme označovat jako Libetovy hodiny, ačkoli tento pojem v literatuře není běžně užívaný.

⁴ Ukazatelem máme na mysli bod obíhající po obvodu Libetových hodin.

2.2.3 Měření EOG

V prvních čtyřech sezeních bylo použito elektrookulografické měření (EOG) v supraorbitální oblasti a oblasti palpebrální komisury. Smyslem EOG měření bylo monitorovat oční pohyby při sledování Libetových hodin. EOG však bylo uspokojivě zaznamenáno jen vzácně, proto se výzkumný tým rozhodl jeho měření přerušit a využít volný kanál k dalšímu měření EEG.

2.2.4 Měření EMG

K zaznamenání pohybu svalu bylo použito bipolární EMG (elektromyografie) na pravém předloktí. Zesilovač EMG byl nastaven na časovou konstantu 0,01 s a dolní propust' 3 kHz. Když hodnota EMG dosáhla hodnoty přednastavené jako aktivační, počítač PDP-12 aktivoval CAT (*computer of average transients*) a zaznamenal čas aktivace EMG. Pokusné osoby byly instruovány, aby prováděly flexi ruky (prstů nebo celého zápěstí pravé ruky). Podmínkou však bylo, aby byl pohyb dostatečně prudký, a to tak, aby EMG dosáhlo aktivační hodnoty do 10–20 ms. To bylo pro probandy pochopitelně náročné odhadnout, proto je Libet nejprve trénoval za použití biofeedbacku, který signál EMG transformoval do podoby zvuku z reproduktoru.

2.2.5 Kožní stimulace

Kožní stimul byl aplikován skrze dvojici elektrod na hřbetu ruky. Použitá intenzita proudu byla stanovena jako 115-120 % z prahové hodnoty (tj. minimální uvědomované intenzity) podnětu trvajícího 0,5 s. Podle autorů tak byla intenzita proudu dostatečně vysoká, aby se minimalizovala neurčitost v zaznamenání podnětu, a zároveň dostatečně nízká, aby rozpoznání podnětu nebylo zcela snadné.

2.3 Průběh experimentu

Pro ujasnění časového rozvržení experimentu je nezbytné se seznámit s pojmy sezení (*session*), série (*series*) a pokus (*trial*). Každý z Libetových probandů se účastnil 6–8 sezení, tj. půldenních setkání s experimentátory v laboratoři. Mezi těmito sezeními byly časové rozestupy okolo jednoho týdne. První, a v některých případech i druhé sezení, bylo věnováno pouze zácvičku, budeme je tedy označovat jako tréninková sezení (*training sessions*); ostatní sezení Libet označuje jako regulární sezení (*regular sessions*). Každé sezení se skládalo z určitého počtu sérií. Série se skládala téměř vždy ze 40 pokusů. Jako pokus označujeme jednotlivá měření (tj. kožní stimulace nebo měření EMG, záznam subjektivního dojmu na

základě Libetových hodin a měření odpovídajícího segmentu EEG). Výjimku ze standardizovaného počtu 40 pokusů tvoří například průběžné rychlé tréninkové série o 10 pokusech (viz tab. 1).

Při sezení byla pokusná osoba usazena do křesla v mírně nakloněné poloze. Každý pokus byl zahájen krátkým zvukovým signálem, po kterém měla pokusná osoba uvolnit svaly hlavy, krku a předloktí a pokud potřebovala, mohla několikrát mrknout. Následně měla zaměřit pohled na fixační bod uprostřed osciloskopu.

Libet poskytoval pokusným osobám specifickou instrukci týkající se mrkání v průběhu experimentu. Probandi byli žádáni, aby nemrkali. Pokud se v průběhu pokusu objevilo nutkání, probandi mohli mrknout, ale před dalším pohybem měli počkat alespoň jeden celý oběh Libetových hodin.

Libet dělí experimentální série podle několika kritérií. Podle typu měření dělí série na sebou inicované volní akty (*self-initiated voluntary acts*), motorické akty v předem stanovených časech (*pre-set motor acts*) a kožní stimulaci v předem neznámých časech (*skin stimuli at unknown times*) (Libet, Wright, & Gleason, 1982). V navazujícím článku však autoři přinášejí i další dělení sérií: podle měřeného introspektivního dojmu na W, M a S a podle módu měření na A a O (Libet et al., 1983; pro bližší vysvětlení viz níže.) Jelikož předpokládáme, že toto mnohoznačné dělení může být příčinou jistých nedorozumění, pokusíme se tuto komplexní terminologii shrnout do čtyř podkapitol. V prvních třech podkapitolách pojednáváme o jednotlivých sériích dělených podle typu měření (viz Libet, Wright, & Gleason, 1982) a vysvětlujeme jejich vztah k dělení z roku 1983. Čtvrtou podkapitolu věnujeme vysvětlení pojmu „módy měření“ a definujeme označení A a O.

1. sez.	zácvik					
2. sez.	zácvik					
3. sez.	příprava trénink (35 pokusů)	sebou iniciované W(A) (40 pokusů)	trénink (10 pokusů)	sebou iniciované M(O) (40 pokusů)	trénink (10 pokusů)	kožní stimulace S(A) (40 pokusů)
4. sez.	příprava trénink (35 pokusů)	sebou iniciované M(O) (40 pokusů)	trénink (10 pokusů)	sebou iniciované W(A) (40 pokusů)	trénink (10 pokusů)	kožní stimulace S(O) (40 pokusů)
5. sez.	příprava trénink (35 pokusů)	sebou iniciované W(A) (40 pokusů)	trénink (10 pokusů)	sebou iniciované M(O) (40 pokusů)	trénink (10 pokusů)	kožní stimulace S(A) (40 pokusů)
6. sez.	příprava trénink (35 pokusů)	sebou iniciované M(O) (40 pokusů)	trénink (10 pokusů)	sebou iniciované W(A) (40 pokusů)	trénink (10 pokusů)	kožní stimulace S(O) (40 pokusů)
7. sez.	příprava trénink (35 pokusů)	sebou iniciované W(A) (40 pokusů)	trénink (10 pokusů)	předem stanovené bez veta (4*10 pokusů)	trénink (10 pokusů)	sebou iniciované W(O) (40 pokusů)
8. sez.	příprava trénink (35 pokusů)	sebou iniciované W(O) (40 pokusů)	trénink (10 pokusů)	předem stanovené bez veta (4*10 pokusů)	trénink (10 pokusů)	předem stanovené s vetem (4*10 pokusů)

Tab. 1: Příklad možného uspořádání experimentálních sezení pro jednoho probanda. První čtyři regulární sezení se skládají ze dvou sérií typu sebou iniciovaných volných aktů (*self-initiated*) a jedné série typu kožní stimulace (*skin stimuli*); série typu motorických aktů v předem stanovených časech („*pre-set*“) jsou zkoumány v dalších sezeních, a to společně s EEG měřeními snímanými z jiných oblastí než C_z a C_c . Písmena A a O v závorce označují mód vybavení (viz podkapitolu 2.3.4). Zobrazení v této tabulce nevystihuje zcela věrně uspořádání, které použil ve výzkumu Libetův tým, jelikož detailní popis jeho experimentálního uspořádání není k dispozici.

2.3.1 Sebou iniciované volní akty (*self-initiated voluntary acts*)

V rámci „*self-initiated sérií*“ měly pokusné osoby provést flexi prstů nebo zápěstí, kdykoli chtěly⁵. Přibližně ve druhé polovině pokusů ve skupině 1 a ve všech pokusech ve skupině 2 dostaly pokusné osoby navíc instrukci zdůrazňující, že pohyb by měl být spontánní, tedy že nutkání se pohnout by mělo přijít samo od sebe, bez předchozího plánování (*pre-planning*). Ve všech regulérních sériích tohoto typu ve skupině 1 a v některých sériích tohoto typu ve skupině 2 se experimentátoři na výskyt předchozího plánování doptávali. Na Libetových hodinách pak pokusné osoby uváděly čas W nebo čas M.

Čas W je pojem zavedený Libetem a jeho kolegy v článku z roku 1983. Proband měl za úkol několik sekund po skončení pokusu uvést, kdy pocítil chtění (*wanting*) provést pohyb. Ačkoliv pojem chtění může v tomto kontextu působit neobratně, zachováváme jej s ohledem na původní označení cílového dojmu v rámci popisovaného designu experimentu. Libet uvádí alternativní pojmy pro cílový dojem, např. nutkání (*urge*), záměr (*intention*) nebo rozhodnutí (*decision*) (Libet et al., 1983, s. 627). V rámci sérií W se experimentátoři také ptali na výskyt pocitu překvapení, tedy situace, kdy uskutečnění pohybu proband nečekal a byl jím překvapen. Smysl této otázky spočívá v tom, že probandům implicitně naznačuje, že je zcela přijatelné provést motorickou akci i bez vědomého přání.

Čas M je měřen podobně jako čas W, ale v tomto případě má proband uvést, kdy k pohybu skutečně došlo (resp. kdy ho proband subjektivně zaznamenal). Podle Libetových poznámek probandi časy W a M bez problémů rozlišovali a každou sérii vnímali introspektivně jinak (čas W spíše jako aktivní pozornost a čekání na dojem, zatímco čas M byl vnímán jako sledování dění bez zmíněného očekávání).

V obou případech experimentátoři zdůrazňovali, že dotazování bude provedeno až po pokusu, a proto si s ním proband nemusí dělat předem starosti. Je přesto na místě obava, že tato nutnost uvádět polohu ukazatele může ovlivnit naměřené RP. Jak však Libet ukazuje, RP se nijak neodlišovala od záznamů ze sérií, ve kterých nebylo třeba čas na Libetových hodinách hlásit (Libet, Wright, & Gleason, 1982, s. 325). Každá série W a M obsahovala 40 pokusů a byla řazena v prvních čtyřech regulérních sezeních za tréninkové série; v dalších

⁵ Benjamin Libet používá obrat „(...) when he felt like doing so“ (Libet, Wright, & Gleason, 1982, s. 324).

sezeních byla série M zkoumána jen občasně. V každém sezení s oběma sériemi se pořadí W a M střídalo.

2.3.2 Motorické akty v předem stanovených časech (*pre-set motor acts*)

Jak bylo uvedeno výše, „pre-set“ série nebyly měřeny v prvních čtyřech regulérních sezeních, nýbrž byly zařazeny až do pozdějších sezení. V tomto uspořádání měli probandi za úkol provést rychlou flexi prstů nebo zápěstí v předem určený čas stanovený Libetovými hodinami. Tyto série rovněž obsahovaly 40 pokusů, které však byly rozděleny do čtyř bloků po deseti pokusech. V každém bloku byla stanovena jiná poloha na hodinách (10, 20, 40 a 50 s). Před každým pohybem musely hodiny alespoň jedenkrát oběhnout ciferník. Pokusné osoby se měly snažit provést pohyb co nejbližší stanovenému okamžiku. Byla sledována jejich přesnost (za pomoci měření EMG porovnávaného s hodnotou stanovenou hodinami). Míra přesnosti byla na konci každé série o 40 pokusech probandům sdělena.

2.3.3 Kožní stimulace v předem neznámých časech (*skin stimuli at unknown times*)

Tyto série (v článku z roku 1983 označovány jako série S) jako jediné zahrnovaly použití zařízení pro kožní stimulaci (elektrody umístěné na hřbetu ruky). Experimentátor vyslal těsně nadprahový elektrický impulz do ruky během druhého nebo třetího oběhu hodin; pokusným osobám bylo sděleno, že impulz může přijít kdykoli po dokončení prvního oběhu. Úkolem pokusných osob bylo hlásit, kdy pocítily stimul. Experimentální uspořádání bylo v mnohých rysech podobné sériím prvního typu (tj. sériím sebou iniciovaných volních aktů). Probandi také dostávali po ukončení každé série (tedy po 40 pokusech) zpětnou vazbu o přesnosti svých výpovědí. Pokud se probandi výrazně odchylovali od skutečného času stimulu, tato odchylka byla považována za jejich specifické „zkreslení“ (*bias*) nebo také „posun“ (*shift*) (Libet et al., 1983, s. 627-628).

2.3.4 Módy vybavení A a O

Probandi měli v sériích W, M a S po skončení pokusu uvést čas události pomocí pozice ukazatele na ciferníku Libetových hodin. To mohli v závislosti na instrukci udělat dvěma způsoby neboli „módy vybavení“ (*modes of recall*; Libet et al., 1983, s. 626). Mód A (*absolute*) představuje poměrně přímočaré řešení – proband jednoduše uvádí, v jaké poloze byl ukazatel (v pomyslných „sekundách“ na ciferníku hodin) v okamžiku, kdy k události došlo. Mód O (*order*) je rafinovanější – po uplynutí tzv. „dojezdového intervalu“ (*continuation interval*; viz níže) ukazatel na Libetových hodinách „skočí“ na určitou

„cílovou pozici“ (*stop time*; rovněž viz níže). Proband má v takovém případě za úkol srovnat vnímaný čas posuzované události s aktuální cílovou pozicí na hodinách. V tomto směru mohou nastat tři možnosti. (1) K události dojde podle probandova subjektivního posouzení dříve, (2) později či (3) ve stejný čas, jaký ukazuje ukazatel na hodinách. Jako příklad uvedme sérii W mapující okamžik prvního vědomého nutkání pohnout se – toto nutkání může být probandem zaznamenáno dříve (*awareness first*) nebo později (*CRO first*) vzhledem k cílové pozici ukazatele na Libetových hodinách. Třetí možnosti odpovídá situace, kdy se vnímaný čas události shoduje s cílovou pozicí ukazatele na hodinách (*together*). Z hlediska obtížnosti byl mód O probandy vnímán jako snadnější.

Dojezdový interval byl aplikován pro série A i O. Jde o časový úsek, po který ještě běží hodiny po uskutečnění události (tj. po záznamu EMG nebo po aplikaci stimulu). Hodnota dojezdového intervalu byla náhodně vybrána z dvaceti hodnot z intervalu +500 až +800 ms. Tato proměnná nijak neovlivnila naměřená data (subjektivní časy ani RP).

Cílová pozice (*stop time*) je hodnota na Libetových hodinách, na kterou skáče ukazatel hodin po uplynutí dojezdového intervalu v případě módu vybavení O. Cílová pozice byla náhodně vybrána ze 40 hodnot rovnoměrně rozložených v intervalu nazvaném „cílové rozpětí“ (*stopping range*). Cílové rozpětí je interval -400 až +200 ms (Libet et al., 1983, s. 628). Dolní hranice cílového rozpětí (-400 ms) je nastavena tak, aby pokud by byla totožná s cílovou pozicí, odpověď na ni byla (pokud možno vždy) „CRO first“. Analogicky horní hranice cílového rozpětí (+200 ms) je nastavena tak, aby odpověď na ni byla pokud možno vždy „awareness first“. Je zřejmé, že mohlo dojít k případům, kdy proband podal odpověď v rozporu s předpokladem pro stanovení horní a dolní hranice cílového rozpětí (tzn., odpověděl „awareness first“ při cílové pozici odpovídající dolní hranici cílového rozpětí nebo „CRO first“ při cílové pozici odpovídající horní hranici cílového rozpětí) a/nebo neposkytoval vyvážený počet odpovědí „awareness first“ a „CRO first“. Především k druhému problému několikrát v Libetově pokusech došlo a bylo třeba z tohoto důvodu opakovat sérii.

Cílová pozice byla pro každý pokus v sérii jiná tak, aby během série bylo ve 40 pokusech využito všech 40 hodnot⁶ (pořadí bylo v každé sérii s módem O jiné). Na základě vzniklého

⁶ Přesněji řečeno, možných cílových pozic bylo 41, ale vzhledem k počtu pokusů (40) byla v každé sérii jedna náhodně vybraná cílová pozice vynechána.

vzoru lze odhadnout, kde se pravděpodobně čas vědomé události (tedy čas W, M nebo S) ve skutečnosti nachází. Pro způsob výpočtu konkrétních hodnot viz níže.

Pro zjištění subjektivního času v módu A proband jednoduše uvedl hodnotu na hodinách v pomyslných „sekundách“, která byla převedena na skutečné milisekundy a odečtena od času události (tzn. aktivace EMG pro série W a M nebo kožního stimulu pro série S). Pro mód O je výpočet komplikovanější. Byl k němu použit vzorec:

$$O = (\text{horní hranice cílového rozpětí}) - (\text{časový interval mezi cílovými časy}^7) * (\text{počet bodů} - 1/2)$$

Počet bodů byl přiřazován jednotlivým odpovědím podle tohoto klíče: „awareness first“ 1 bod, „together“ 1/2 bodu, „CRO first“ 0 bodů. V některých případech nebyla z technických důvodů probandova odpověď k dispozici. V takovém případě Libet použil odhad pravděpodobnosti odpovědi a od něj se odvodil koeficient pro daný pokus (viz Libet et al., 1983, s. 629).

2.4 Libetovy výsledky

Libetův experiment přináší dvě skupiny výsledků. Jedna skupina se týká popisu a rozboru naměřených RP (Libet, Wright, & Gleason, 1982). Druhá skupina výsledků se týká subjektivního časování mentálních událostí (Libet et al., 1983). V této kapitole se budeme věnovat každé skupině zvlášť a připojíme Libetovu diskuzi otázky nevědomé iniciace pohybu.

2.4.1 Libetovy závěry ohledně naměřených RP

Libet a jeho kolegové ve své práci z roku 1982 uvádějí, že zjištěná RP (*readiness-potentials*) lze rozdělit na tři typy, které označují jednoduše jako RP I, RP II a RP III⁸. RP I má zřetelný počátek více než 700 ms před aktivací EMG (tedy před zahájením pohybu). Průměrný počátek RP I ve skupině 2 přicházel v čase -1055 ms. Počátek RP I má dobře rozlišitelný tvar, který Libet přirovnává k tvaru rampy (*ramp-like form*) (Libet, Wright, & Gleason, 1982, s. 326). RP I navíc měl ještě zřetelnější podobu a dřívější počátek (až -1400 ms) při měření samotného Benjamina Libeta a při prvních několika měřeních

⁷ V tomto případě vždy 15 ms.

⁸ RP III jsou vzácné potenciály s hlavní komponentou vyskytující se v čase -250 až -200 ms (konkrétní hodnoty autoři v textu neuvádějí). Z důvodu jejich ojedinělosti a nepřilíš probádaného významu RP III v hlavním textu dále nerozvádíme.

v 1. skupině pokusných osob. Příčinou tohoto rozdílu je pravděpodobně absence zdůraznění spontaneity v instrukci ve zmíněných sezeních. Po zavedení prvku spontaneity do instrukce se RP I objevovaly jen nepravidelně.

Potenciál s hlavním vrcholem mezi -400 a -700 ms Libet označuje jako RP II. Počátek RP II ve skupině 2 se odehrával průměrně v čase -577 ms. RP tohoto typu má tvar více kupolovitý (*somewhat dome-shaped*; Libet, Wright, & Gleason, 1982, s. 326). I v tomto případě se určitá výchylka potenciálu objevuje již před časem -700 ms, nicméně tyto rané výchylky jsou podle Libetových slov spíše nepravidelné, mají nízkou amplitudu a nerostou stabilně jako RP I.

Libeta zajímaly také subjektivní faktory, které mohly RP nějakým způsobem ovlivnit v sebou iniciovaných sériích. Test pomocí rozdělení χ^2 neprokázal, že by probandi měli konzistentní tendenci provádět pohyb v nějaký konkrétní čas na hodinách. Experimentátoři se pokusných osob po některých sériích doptávali, zda pohyb doprovázelo nějaké předchozí vědomé plánování nebo naopak pocit překvapení, popř. zda byl pohyb spontánní. Ukázalo se, že probandi často hlásili předchozí plánování v sériích, z nichž vzešlo RP I. Zajímavé však je, že v mnoha případech i přes dojem předchozího plánování pokusné osoby stále trvaly na tom, že specifitější nutkání provést pohyb bylo spontánní⁹. To znamená, že probandi dojem předchozího plánování a dojem specifického nutkání pohnout rukou od sebe rozlišovali (viz Libet, Wright, & Gleason, 1982, s. 329). Série, které můžeme podle Libetových kritérií považovat za čistě spontánní, nevykazovaly v podstatě žádná RP I (až na jednu hraniční výjimku). Někteří probandi také uvedli, že cítili jakési rostoucí nutkání či záměr, ale k pohybu nakonec nedošlo, což bylo doprovázeno pocitem volního potlačení (tuto myšlenku Libet později rozvinul do konceptu vědomého veta, jak jsme uvedli v podkapitole 1.3). Co se týče pocitu překvapení, ten byl podle zjištění Libetova týmu (1982) poměrně vzácný; neprokázalo se ani podezření, že tento pocit je spojen s výskytem RP III (které se ze všech RP projevuje nejpozději, a proto by byla jeho souvislost s pocitem

⁹ Jako „spontánní pohyb“ Libet chápe situaci, kdy „(...) si subjekt vybavuje, že nutkání jednat vzrostlo samo od sebe, jako by se objevilo svévolně, odnikud, bez jakéhokoli vybavení, že došlo k předchozímu plánování (...).“ (Libet, Wright, & Gleason, 1982, s. 329, vlastní překlad)

překvapení intuitivně očekávatelná). Co se týče subjektivního vjemu pohybu samotného, čas M se nevyskytoval dříve než 100 ms před aktivací EMG.

RP v sériích s motorickými akty v předem stanovených časech („*pre-set*“) měly specifické charakteristiky, nicméně byly do určité míry podobné RP I (pre-set RP¹⁰ se však odlišovaly větší délkou trvání a vyšší amplitudou). Zařazení série s akty v předem stanovených časech do sezení nijak neovlivňovalo incidenci RP I v poměru s RP II, která byla pro srovnání měřena v odpovídajícím sezení v rámci sérií se sebou iniciovanými akty (*self-initiated*). V sezeních se sériemi s předem stanovenými i sebou iniciovanými akty se v mnoha případech začínalo sérií se sebou iniciovanými akty bez informace o tom, že se bude pokračovat sérií s akty v předem stanovených časech. Pokud tomu bylo naopak, v následných sériích se sebou iniciovanými akty byla zjištěna RP všech tří druhů. Libet upozorňuje na zajímavý, avšak logický fakt, že pre-set RP připomíná komponentu evokovaného potenciálu CNV (viz Walter et al., 1964; Bareš, 2011) předcházející druhému stimulu, pokud je interval mezi stimuly 4 s (Sanquist et al., 1981, in Libet, Wright, & Gleason, 1982). Spojitost mezi pre-set RP a CNV je ještě zřejmější, „*pokud se ve 40 po sobě jdoucích pokusech zkrátí časový interval od začátku otáčení Libetových hodin do cílového času na hodnotu okolo jedné sekundy*“ – v takovém případě je naměřený evokovaný potenciál nápadně podobný běžnému průběhu CNV (Libet, Wright, & Gleason, 1982, s. 330, vlastní překlad).

Série s kožním stimulem můžeme chápat jako částečnou „kontrolu validity“ měření RP. Tyto série byly řazeny vždy na konec regulérních sezení a několik sérií S se následně uskutečnilo i v dalších sezeních. V tomto případě se EEG záznam jevil plochý až na občasné nepravidelné výchyly. Libet a jeho kolegové tým ilustrují, že RP se nevyskytuje, pokud není plánována motorická akce. Po stimulu však byla na křivce zaznamenatelná vlna P300 (viz Bareš, 2011), navíc po prodloužení sledované periody byla odhalena rytmická aktivita, která po vlně P300 následuje. Co se týče přesnosti výpovědi probandů, časy S se od cílového času až na výjimky nelišily o více než 100 ms.

Libeta a jeho tým kromě těchto charakteristik RP zajímaly také vlastnosti RP vyplývající z umístění snímacích elektrod. Řadou párových srovnání (protože použitý DC systém

¹⁰ Pre-set RP je termín označující jistý čtvrtý typ RP, který není zcela podobný žádnému z předchozích tří typů (RP I, RP II a RP III).

neumožňuje snímat více než dva kanály současně) došli k závěru, že nejsilněji se RP projevují v oblasti vertexu (C_z) ve srovnání s C_c/C_i a P_3 . Také byla zjištěna zřetelná asymetrie u RP II mezi C_c a C_i , zatímco u pre-set RP tato asymetrie zjištěna nebyla (srovnání pro další typy RP nebyla k dispozici).

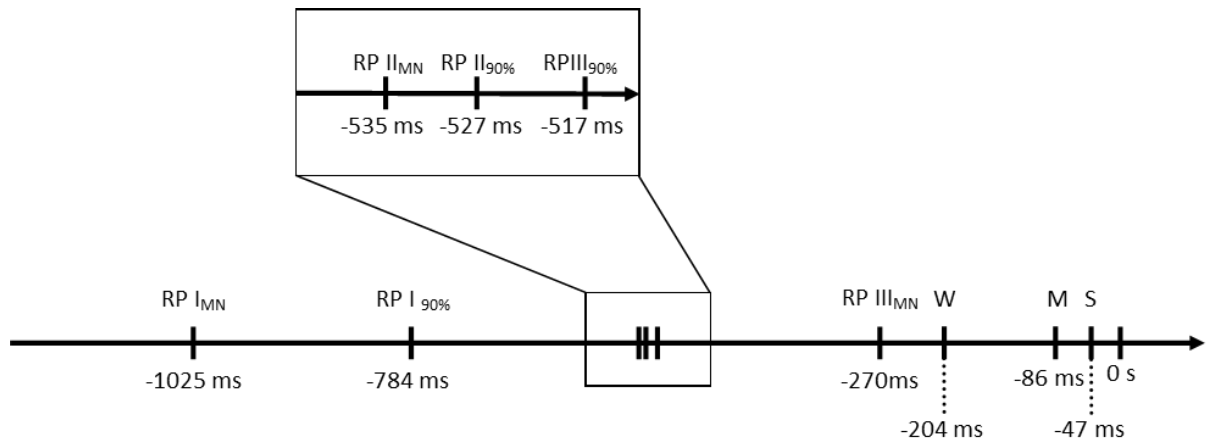
Je na místě podezření, že výsledky měření RP jsou ovlivněny nutností data z pokusů průměrovat. Příkladem takového zkreslení může být posunutí průměru vlivem neobvyklých RP s velmi raným počátkem. Libet a jeho tým však oponují, že v takovém případě bychom neměli dostávat v různých sériích podobné výsledky.

2.4.2 Libetovy závěry ohledně subjektivního časování události

V článku z roku 1983 Libet se svým týmem představil závěry týkající se konceptů časů W, M a S. Veškeré hodnoty v této podkapitole jsou vztaženy k času události, nikoli k počátku RP. Záporné hodnoty W tudíž znamenají, že vědomí (*awareness*) předcházelo události (např. $W = -200$ ms znamená, že čas W byl zaznamenán 200 ms před aktivací EMG). Své výsledky Libet velmi přehledně shrnuje ve dvou tabulkách (viz Table 1 a Table 2 in Libet et al., 1983, s. 630-631).

Libet a jeho tým použili hodnoty S ke „korekci“ naměřených hodnot W a M. Jelikož čas stimulu byl přesně znám, lze podle názoru Libeta et al. (1983, s. 631) použít hodnotu S jako ukazatel subjektivního „zkreslení“ (*subject's bias*), kterému proband ve svých výpovědích podléhá. Průměr hodnot S byl paradoxně záporný.¹¹ Průměrné hodnoty M byly většinou ještě nižší (tzn., M předcházelo události o delší časový úsek) než hodnoty S. To znamená, že i po korekci zůstávají hodnoty M záporné (jejich původní průměr se pohyboval okolo -86 ms, po korekci -47 ms). Z toho vyplývá další překvapivý závěr – dojem „teď se hýbu“ předchází aktivaci EMG. Na druhou stranu, v souladu s očekáváním byly hodnoty W nižší než hodnoty M. Průměrná hodnota W se pohybovala okolo -200 ms. Pořadí hodnot W, M a S je znázorněno na obr. 3.

¹¹ Tento překvapivý fakt lze vysvětlit Libetovým přesvědčením o zpětném referování zkušenosti v čase (*backward referral*; viz Libet, 2004). Libet na základě předcházejících výzkumů přednesl hypotézu, že subjektivní zkušenosti jsou zařazovány na časovou osu až po tom, co zkušenost proběhne, přičemž dochází ke zkreslení.



Obr. 3: Časová osa s body odpovídajícími průměrným časům tří typů RP (každé měřeno dvěma způsoby) a tří typů vědomé zkušenosti (W, M, S).

Ke vztažení subjektivně vnímaných časů k hodnotám RP je samozřejmě třeba přesně operacionalizovat počátek RP. Libet a jeho tým k tomu použili dvě rozdílné metody. První z nich je MN (*main negative shift*). Jde o přímočarou metodu odhadu signifikantního nárůstu RP prostým okem (*eye-ball inspection*, Libet et al., 1983, s. 632). Druhým způsobem měření je RP_{90%}. Tato metoda spočívá ve výpočtu úseku křivky, pod kterou je 90 % celkové plochy průběhu RP předcházejícího aktivaci EMG (pro detailní způsob výpočtu viz Libet et al., 1983, s. 632-633). Až na několik drobných rozdílů byly počátky RP II měřené oběma způsoby velmi podobné, nicméně jak dále uvádíme, v případě RP III byl zjištěn zřetelný rozdíl (viz obr. 3).

Klíčovým cílem Libetovy studie bylo zjistit, jaký je vztah mezi neurálními procesy v mozku a vědomým záměrem provést akci. Pro výpočet rozdílů Libet použil hodnoty W bez korekce i s korekcí odečtením hodnoty S. Nicméně mezi výsledky získanými oběma způsoby výpočtu nebyl kvalitativní rozdíl (kvantitativně Libet a jeho kolegové zjistili, že korekce rozdíl mezi RP a W zvětšila). Z prezentovaných výsledků je zřejmé, že počátek RP značně předchází W. Konkrétně průměrný rozdíl mezi počátky RP II_{MN} a odpovídajícími hodnotami W byl 343 ms. V případě RP III je výsledek nejasný, protože průměrný rozdíl mezi počátky RP III_{MN} a W byl 87 ms, avšak tento rozdíl se značně liší od rozdílu mezi RP III_{90%} a W, který byl 334 ms. Stanovení signifikance rozdílu je obecně obtížné, protože z podstaty experimentu není k dispozici hodnota směrodatné odchylky počátku RP pro jednotlivé pokusy (jednotlivá měření EEG je třeba průměrovat, abychom získali křivku RP; počítat tedy lze pouze s jednou hodnotou pro celou sérii). Libet a kolektiv (1983) však argumentují tím, že signifikance rozdílu je velmi pravděpodobná vzhledem k velkému

rozdílu mezi průměrnými hodnotami W a RP v porovnání s hodnotou směrodatné chyby pro hodnoty W v celém souboru dat.

Libet et al. (1983) dále uvádějí, že hodnoty W a RP by měly být ve vzájemně korelovaném vztahu. Ačkoli pro tento předpoklad nemohou podat kvantitativní důkaz, usuzují na něj z následujících tří faktů:

1. W a RP jsou projevy stejného procesu.
2. Pozorované rozdíly mezi RP a W jsou konzistentně velké.
3. Téměř nikdy nebyla pozorována hodnota W předcházející RP.

K reliabilitě a validitě uvedli autoři následující poznámky (viz Libet et al., 1983): (1) reliabilita měření pomocí Libetových hodin je adekvátní (například vzhledem k nízké směrodatné chybě jednotlivých měření W). (2) Prokázat validitu měření je obtížnější, protože subjektivní dojmy jsou z definice přístupné pouze subjektu samotnému. Autoři dále navrhují sledovat především faktory ovlivňující přenos mezi introspektivní zkušeností a verbální výpovědí, které dělí do tří kategorií:

1. *Současnost úsudků*. Probandi měli sledovat zároveň čas mentální události a také odpovídající polohu ukazatele na hodinách, což může ovlivňovat kvalitu jejich výpovědi. Jako kontrolní opatření zohledňující tento problém Libet a jeho tým zvolili série S. V těchto sériích byl znám čas podnětu i chyba při jeho posuzování pokusnou osobou. Výsledky zjištěné v sériích S nijak validitu měření časování mentálních událostí pomocí Libetových hodin nezpochybnily.
2. *Časování endogenní mentální události*. Endogenní událost (tedy W a pravděpodobně i M) nelze validizovat tak snadno jako série S. Lze například spekulovat, že vědomí je přístupný pouze konec mentální události. Libet et al. (1983) uvádějí dva protiargumenty: za první, předpoklad, že pro vědomí je přístupný pouze konec mentální události, se v tehdy dostupných výzkumech nijak nepotvrdil (viz Efron, 1973, in Libet et al., 1983); za druhé, probandi byli instruováni, aby čekali a sledovali nejranější výskyt „vědomí“ (*awareness*). Je také možné, že vědomí mentální události předchází nějaká fáze, která není uložena v krátkodobé paměti a tudíž nemůže být určena s pomocí Libetových hodin. K tomuto Libet (1983) rovněž uvádí dva protiargumenty: (1) k hlášení času W si měla pokusná osoba vybavit polohu ukazatele v okamžiku, kdy si začala být vědoma záměru se pohnout, nikoli mentální

události samotné, (2) existence události, kterou si nelze vybavit, je spekulativní a nelze ji přímo testovat (k platnosti tohoto argumentu viz např. Popper, 2005).

3. *Další důkazy o validitě výpovědí.* Fakt, že módy A i O přinášejí podobné výsledky jsou rovněž důkazem validity měření. Dále o validitě vypovídá fakt, že čas W probandi údajně odlišovali od M nebo S (toto tvrzení bývá ostře kritizováno; rozdíl mezi W a M je podroben detailnímu průzkumu v kapitole 7).

2.4.3 Libetovy závěry ohledně vědomé a nevědomé iniciace nebo kontroly volního procesu

Libet a jeho kolegové (1983, s. 640-641) diskutují možné implikace jejich výzkumu pro chápání volního procesu. Jak naznačuje fakt, že RP předchází W o značné množství času, volní pohyb je pravděpodobně iniciován nevědomě. Myšlenka nevědomého zahájení pohybu pochází z předchozích Libetových výzkumů, které ukazují, že pro vznik vědomé senzorní zkušenosti je zapotřebí alespoň 500 ms kortikální stimulace (pro jejich shrnutí viz podkapitulu 1.1). Prezentovaný výzkum z roku 1983 naznačuje, že podobná časová perioda je nejspíše zapotřebí i pro iniciaci motorické aktivity.

Libetův design je elegantní v tom smyslu, že z něj jsou v podstatě vyřazeny vnější faktory ovlivňující volní proces, protože rychlá flexe ruky nebo prstů je úkon jen minimálně ovlivněný předchozí zkušeností.

Zcela na závěr Libet et al. (1983) uvádějí, že existují přinejmenším dva typy situací, na které se jejich závěr o nevědomosti iniciace pohybu nemusí vztahovat: (1) vědomé veto (tedy zastavení cerebrálního procesu vedoucího k pohybu, což Libetovi probandi údajně místy prožívali) a (2) promyšlené jednání (tj. jednání po delší době rozhodování). Autoři netvrdí, že v těchto situacích musí lidé jednat na základě vědomí, pouze poukazují na to, že pro rozhodnutí o těchto případech nemají k dispozici experimentální podklady.

3 Diskuze a kritiky Libetových experimentů

Práce Benjamina Libeta a jeho kolegů publikovaná v letech 1982 a 1983 vzbudila mezi odbornou veřejností mimořádnou odezvu. Tato vlna diskuzí zahrnovala nejen množství teoretických rozborů a reinterpretací Libetova výzkumu, ale i četné replikace nebo modifikace původního experimentu. Na mnoho z těchto komentářů Libet pravidelně odpovídal dalšími publikacemi (např. Libet, 1985; Libet, 2000 in Gomes, 2002; Haggard & Libet, 2001; Libet, 2004). V této kapitole představíme některé autory z obou skupin, přičemž budeme postupovat od kritiků odmítajících platnost experimentu jako celku přes kritiky instrukce a metod sběru dat a přes reinterpretátory Libetových závěrů až po výzkumy, které našly významné souvislosti výsledků experimentu s psychopatií. Zdůrazňujeme, že tato literatura zdaleka nevyčerpává celý rozsah diskuze Libetových experimentů, ale z našeho pohledu se jedná o její reprezentativní vzorek.

3.1 Kritika Libetova experimentu jako celku

Validitou Libetových závěrů o vědomí se zabývali např. Dennett a Kinsbourne (1992). Tito autoři rozdělili modely vědomí na dvě skupiny, které nazývají „karteziánské divadlo“ a „model vícero návrhů“ (*Multiple Drafts Model*). První model předpokládá existenci jakéhosi centra vědomí v mozku (volně navazuje na tradici Descarta, který za toto centrum označoval šišinku), druhý model chápe mentální děje jako dynamické paralelní procesy. Dennett s Kinsbournem uvádějí řadu argumentů, proč je vhodné dát přednost modelu vícero návrhů, čímž se vyhýbají paradoxům, které plynou z představy, že lze všechny mentální děje zaznamenávat postupně na časovou osu, kdy jeden děj předchází dalším. Jednoduše řečeno, podle Dennetta a Kinsbourny chybí pomyslná cílová čára, která by určovala posloupnost mentálních dějů podle pořadí. Tito autoři se spíše přiklánějí k neustálému soupeření těchto dějů (*Multiple Drafts Model*).

3.2 Kritika Libetovy instrukce a metod sběru dat

Gomes (1998, 2002¹²) kritizoval dvě oblasti Libetových výzkumů: (1) interpretaci raných Libetových výzkumů s latencí potřebnou pro vznik vědomého zážitku (viz Libet et al., 1964;

¹² V roce 2002 Gomes reagoval na Libetovu předchozí odpověď (Libet, 2000 in Gomes, 2002) a věnoval se převážně tématu Libetových výzkumů z 60. let.

Libet et al., 1967) a (2) otázku přesnosti introspekce ve výzkumech volního pohybu (viz Libet, Wright, Gleason, 1982; Libet et al., 1983). Jelikož tento text se nevěnuje předchozím Libetovým výzkumům, představujeme zde pouze Gomesovu kritiku relevantní k výzkumům volního pohybu. První důležitou oblastí, kterou Gomes napadá, je vztah mezi časy W a M. Navzdory tomu, že Libet tvrdí, že probandi neměli potíže tyto časy od sebe odlišit, jeho výsledky ukazují, že hodnoty W v sériích, v nichž bylo nejprve měřeno M a až poté W, předcházely pohybu o delší časový úsek (o 50 ms) než hodnoty W měřené v sériích, kde W bylo měřeno před M (viz Libet et al., 1983, Table 2D). Podle Gomesa (1998) mohou být časy W a M neodlišitelné a probandi je rozlišovali pouze pod vlivem efektu morčete (Gomes přímo upozorňuje na problematickou pasáž v Libetově instrukci; viz Gomes, 1998, s. 589). Podle našeho názoru Libetem uvedený paradox vztahu mezi W a M naznačuje, že k efektu morčete skutečně došlo, protože série M předcházející sériím W v podstatě probandům naznačují, že se očekává, že čas W má času M předcházet. Tato naše domněnka však vyžaduje empirické ověření a proto je předmětem kapitoly 7. Haggard (Haggard & Libet, 2001) navíc u tohoto tématu poukazuje na fakt, že rozdíl mezi W a M je mnohem menší než mezi RP (ať je operacionalizujeme jakkoli) a skutečným pohybem, což může podle něj naznačovat, že vědomá složka volního procesu má tendenci se integrovat do jednoho dojmu.

Druhým tématem, které Gomes (1998) komentuje, je vliv zácvičku. Libet v zácvičných i v regulérních sériích s kožní stimulací (série S) pravidelně informoval probandy o tom, jak jsou přesní ve svých odhadech. Gomes namítá, že to mohlo výrazně zkreslit výsledky probandů a že by byly výpovědi pravděpodobně platnější, kdyby se experimentátoři zcela zdrželi zásahů do nich.

Třetí téma komentované Gomesem (1998) je latence vědomých zážitků. Zde je nutno poznamenat, že Gomes ve svých úvahách zamítá Libetovu původní hypotézu o zpětném referování zkušenosti v čase (viz Gomes, 1998, sekce 4.3, 4.4, 4.5). Gomes proto předpokládá, že latence vědomých zážitků existují a pravděpodobně jsou rozdílné pro různé smyslové modalities (což podporují mj. pozdější experimentální výsledky Danquaha, Farrella a O'Boylea, 2008). Proto nelze považovat za vhodné srovnávat taktilní stimul (elektrický výboj na kůži) s vizuálním stimulem (ukazatel na obvodu hodin) a hodnoty subjektivních zážitků W a M s pomocí časů S korigovat. Gomes dokonce zcela zpochybňuje vhodnost použití Libetových hodin pro získávání časů vědomých zkušeností (Gomes, 1998, s. 591).

3.3 Reinterpretace Libetových závěrů

Haggard a Eimer (1999) provedli modifikovaný Libetův experiment rozšířený mj. o měření lateralizovaných přípravných potenciálů (LRP, *lateralised readiness-potentials*), které se projevují nárůstem neurální aktivity přibližně v čase -500 ms v motorické oblasti kontralaterální k aktivní ruce. Ukázalo se, že RP nekorelují s časy W (resp. série s dřívějšími časy W se nevyznačovaly také dřívějšími počátky RP a série s pozdějšími časy W se nevyznačovaly pozdějšími počátky RP); takto měřená kovariance však byla zaznamenána mezi LRP a W.

Haggard (Haggard & Libet, 2001) tyto výsledky diskutoval a nechal Libeta na své postřehy reagovat. Haggard ve své interpretaci naznačil, že RP je možná nezbytnou podmínkou pohybu, avšak nemůžeme si být jisti, že jde zároveň o podmínku dostatečnou. LRP vnímá jako určitý důkaz toho, že svobodná vůle se nemusí projevovat ve formě Libetova veta, ale spíše ve formě volby z alternativ (Haggardova a Eimerova metodologie zahrnovala situaci svobodné volby ruky, kterou proband pohne). Haggard je proto přesvědčen, že vědomí záměru provést nějakou akci je spojeno s touto specifickou volbou z alternativ. Libet na Haggardovy interpretace reagoval spíše skepticky a upozornil na některé metodologické nedostatky, které mohou Haggardovu argumentaci výrazně oslabit; zvláště pak na příliš vysoké riziko, že Haggardovy pokusné osoby provedený pohyb plánovaly dopředu, a na způsob, jakým Haggard a Eimer určovali počátky RP (Haggard & Libet, 2001, s. 56-61).

S lateralizovanými potenciály pracovali také Trevena a Miller (2002). Tito novozélandští badatelé provedli dvě modifikace původního Libetova výzkumu. V rámci replikace odhalili, že počátek LRP se objevuje až po čase W. Tento fakt je v souladu s Haggardovým přesvědčením, že LRP je s vědomým prožitkem spojen těsněji než RP¹³. Trevena a Miller však poukazují na omezení validity svého výzkumu vzhledem k tomu, že přibližně 40 % naměřených časů W spadá do doby po provedení pohybu.

Schurger, Sitt a Dehaene (2012) představili odborné veřejnosti reinterpretaci Libetových výsledků zohledňující neurální spontánní fluktuace, které mohou být chybně pokládány za počátek RP. Autoři argumentují tím, že RP lze pozorovat až po zprůměrování několika

¹³ Trevena a Miller se s Haggardem shodují v interpretaci, avšak nikoli v naměřeném pořadí W a LRP.

záznamů, což otevírá cestu interpretacím odlišným od té Libetovy. Navrhli experiment, který obsahoval 50 pokusů odpovídajících Libetově designu a dalších 150 pokusů v paradigmatu nazvaném Libetus interruptus. Design Libetus interruptus spočívá v občasném zaznění zvukového signálu, po kterém měli probandi provést pohyb okamžitě. Výsledky po 150 pokusech s designem Libetus interruptus ukázaly, že třetina nejrychlejších reakcí na zvukový signál byla doprovázena dlouhým pomalým potenciálem. To znamená, že probandi byli pohotovější provést pohyb, pokud byla hladina spontánní neurální aktivace blíže k aktivační hodnotě. Tato zvýšená úroveň aktivace nemohla být znakem přípravy pohybu, protože zvukové signály byly nepředvídatelné. Z toho vyplývá, že raná část zprůměrované křivky RP může být obrazem spontánních fluktuací a tato část záznamu je v klasickém Libetově designu zobrazena pouze vlivem „zpětného výběrového zkreslení“ (*backward selection bias*) časových úseků, ve kterých k pohybu skutečně došlo. Okamžik neurálního rozhodnutí tedy může být na časové přímce umístěn blíže k okamžiku pohybu než klasicky měřené RP.

Libet a jeho kolegové (1982, 1983) uvedli domněnku, že naměřená RP jsou reprezentací neurální aktivity v suplementární motorické oblasti (SMA). Soon a jeho kolegové (2008) však na základě měření pomocí funkční magnetické rezonance (fMRI) sledovali neurální aktivitu předcházející volnímu pohybu i v jiných oblastech. Jejich výzkumnou otázkou bylo, zda existuje mozková oblast zodpovědná za specifickou volbu ruky, kterou proband pohne, a nikoli za nespecifickou přípravnou aktivitu. Tuto funkci podle jejich zjištění vykonávají dvě oblasti – frontopolární kůra (BA10) a parietální kůra (konkrétně oblast táhnoucí se od precuneu až k posteriornímu gyru cinguli). V případě frontopolární kůry byla aktivita odpovídající výběru ruky zaznamenána až 7 s před motorickým aktem a vzhledem k nízké rychlosti zobrazování pomocí BOLD (*Blood Oxygenation Level Dependent*, nejčastěji používaná metoda fMRI, viz např. Forster et al., 1998) může tato aktivita ve skutečnosti začínat až 10 s před pohybem. Kromě toho Soon a jeho tým zjistili, že čas pohybu lze předpovědět z pre-SMA a SMA až 5 sekund před motorickým aktem. Jejich závěrem je, že když záměr provést motorický úkon dosáhne vědomí, je již ovlivněn nevědomou aktivitou mozku počínající až o 10 s dříve.

Ani Libetův koncept vědomého veta nezůstal nepoznamenaný živou diskuzí. Brass a Haggard (2007) na základě výzkumu s pomocí fMRI objevili možného kandidáta na specifickou mozkovou oblast spojenou s vědomým vetem. To by znamenalo, že veto

nemůže být považováno za projev zcela vědomé vůle, protože stejně jako iniciace pohybu samotného, i ono má svůj původ v nevědomé mozkové aktivitě.

3.4 Výzkumy možného klinického využití Libetova experimentu

Moderní výzkumy ukazují, že výsledky experimentů Libetova typu mají charakteristiky, které jsou typické pro některé neurologické nebo psychiatrické diagnózy. Např. Pirio Richardson a jeho kolegové (2006, in Caspar & Cleeremans, 2015) objevil značné zkrácení časového intervalu mezi W a pohybem u pacientů se schizofrenií. Podobně byla nalezena souvislost tohoto intervalu s Tourettovým syndromem (Moretto et al., 2011), psychogenním tremorem (Edwards et al., 2011) nebo vysokou mírou impulzivity (Caspar & Cleeremans, 2015). Tyto studie jsou pravděpodobně rozcestníky definujícími další výzkumy Libetova typu.

4 Svobodná vůle

Libetovy výzkumy jsou nejčastěji uváděny v kontextu diskuze o svobodné vůli. Proto se v této kapitole budeme stručně věnovat tomu, jak je svobodná vůle chápána ve filozofických kruzích, ve kterých se pojem „svobodná vůle“ zrodil. V podkapitole 4.1 ukážeme, jak lze svobodnou vůli definovat, v podkapitole 4.2 popíšeme filozofické přístupy ke svobodné vůli a na závěr, v podkapitole 4.3, vysvětlíme, zda lze Libetovu svobodnou vůli do tohoto systému zařadit, resp. proč je to obtížné.

4.1 Definice svobodné vůle

Svobodná vůle je bez nadsázky jedno z nejstarších filozofických témat. Provázela filozofické smýšlení od starověkých myslitelů (jakými byli kupříkladu atomisté či představitelé helenistických škol; viz např. Cary, 2007), přes středověké teology (jako sv. Augustin, Erasmus Rotterdamský nebo Martin Luther; viz Augustinus, 2000; Rotterdamský, 2006; Bandol, 2012) až po dnešní filozofy v čele s Danielem Dennettem (2008).

Je pochopitelné, že vzhledem k tomu, jak dlouho je otázka svobodné vůle otevřená, o různorodé definice není nouze. Jedna z možných definic pochází od filozofa Petera van Inwagen: „*Teze svobodné vůle je teze, že někdy jsme vzhledem k zamýšlenému budoucímu aktu v pozici, kdy máme zároveň obě tyto schopnosti: schopnost provést akt a schopnost provedení aktu zabránit.*“ (Van Inwagen, 2008, s. 329, vlastní překlad). Jinými slovy, svobodná vůle je dispozice volně se rozhodnout, zda zamýšlenou činnost provedeme či nikoli. Tato definice je zajímavá ze dvou pohledů: (1) reflektuje možnost, že ve světle Libetových závěrů je svobodná vůle možná pouze ve formě veta, a (2) zahrnuje „metafyzicky čistou“ svobodnou vůli. Tím máme na mysli, že se neuchyluje k dílčím aspektům svobody vůle (např. netvrdí, že svobodnou vůli má každý, kdo je přesvědčen o tom, že ji má), ani ji nedefinuje kruhově (např. jako schopnost člověka jednat svobodně).

Libet svobodnou vůli definoval také, a to jako akci, která má tyto dvě vlastnosti: (1) nemá žádné externí pohnutky (tudíž akci můžeme nazvat endogenní) a (2) její vykonavatel cítí, že jedná svobodně (Libet, 1999). Tato definice je sice intuitivně správná, ale není tak vhodná jako výše zmíněná Van Inwagenova definice. To především proto, že definuje svobodnou vůli výčtem jejích vlastností, z nichž jedna je empiricky neuchopitelná – nelze totiž falzifikovat, že nějaká akce proběhla endogenně, protože není možné (prakticky, ani

teoreticky) znát všechny možné příčiny lidského chování. Prakticky to není možné proto, že nemáme dostatek informací o fyzikálních zákonech ani o počátečním stavu celého systému, který může jedince ovlivnit¹⁴. Teoreticky to pak není možné kvůli indeterministickým jevům, které jsou v současné době alespoň na úrovni kvantových jevů považovány za skutečné.

4.2 Teoretické přístupy ke svobodné vůli

Mnoho filozofických článků zabývajících se svobodnou vůlí se obvykle shodne na rozdělení přístupů k ní na tři základní: determinismus, libertarianismus a kompatibilismus (Mele, 2008; Nichols, 2008; Clarke, 2010). Tyto kategorie sice nezahrnují všechny možné postoje, které lze k tezi svobodné vůle zaujmout, ale využijeme je jako výchozí bod výkladu.

Pojem **determinismus** může být uchopen na mnoha různých rovinách, např. psychické, sociální, psychologické, environmentální nebo genetické (Clarke, 2010). Mele definuje determinismus jako tezi, že „...kompletní stanovení přírodních zákonů společně s úplným popisem výchozích podmínek celého vesmíru v kterémkoli časovém bodě logicky umožňuje kompletní deskripci podmínek celého vesmíru v jakémkoli jiném časovém bodě.“ (Mele, 2008, s. 326, vlastní překlad).

Poněkud jemnější rozpracování determinismu uvádí Van Inwagen (2008), který souhlasí, že „*Determinismus je teze, že minulost a přírodní zákony společně v každém okamžiku určují unikátní budoucnost.*“ (s. 330, vlastní překlad), ale také o několik řádků níže uvádí, že determinismus může mít dvě podoby – „tvrdý“ (*hard determinism*) a „měkký“ (*soft determinism*). Abychom mohli tyto pojmy vysvětlit, musíme nejprve definovat rozpor kompatibilismu a inkompatibilismu. **Kompatibilismus** je podle Van Inwagena myšlenka, že deterministické přírodní zákony nevyklučují svobodnou vůli; myšlenkou **inkompatibilismu** je potom přesný opak. **Tvrký determinismus** je sloučením tezí determinismu a inkompatibilismu (jde tedy o tvrzení ve smyslu „Svět je řízen deterministickými zákony a ty jsou neslučitelné s existencí svobodné vůle.“). **Měkký**

¹⁴ Nedostatek informací bude vždy překážkou v určování příčin chování, ať už přijeme tezi determinismu (viz podkapitulu 4.2) či nikoli.

determinismus je sloučením tezí determinismu a svobodné vůle, což pochopitelně vyžaduje zahrnutí kompatibilismu (jde tedy o tvrzení ve smyslu „Svět je řízen deterministickými zákony, ale lidé mají v některých případech možnost akci provést nebo jejímu provedení zabránit.“¹⁵).

Libertarianismus je podle Van Inwagena (2008, s. 330) spojením tezí svobodné vůle a inkompatibilismu. Stejně tak libertarianismus definuje i Mele: „*Libertarianismus je konjunkcí inkompatibilismu a teze, že někteří lidé někdy jednají svobodně.*“ (2008, s. 326, vlastní překlad). Libertarianisté tudíž věří, že lidé někdy mají schopnost provést nebo neprovést akci, a zároveň odmítají determinismus, protože ten by takovou možnost vylučoval (viz také Clarke, 2010). Důležitá poznámka k tomuto pochází od Roberta Kanea (1996; in Nichols, 2008), který tvrdí, že svobodná vůle v „pravém slova smyslu“ může být velice vzácná, a proto ne každé rozhodnutí může být považováno za svobodné.

Kompatibilismus je nejobtížněji uchopitelný myšlenkový model svobodné vůle, a proto mu zde věnujeme více prostoru. Představy jednotlivých filozofů a badatelů o tom, co je kompatibilismus, se často velmi rozcházejí. Kompatibilisté v podstatě tvrdí, že myšlenka svobodné vůle a determinismu se nevyklučují (Mele, 2008). Podle některých je u svobodné vůle důležité, že volba byla ponechána na jednajícím člověku, který může svobodně reagovat na své motivy bez ohledu na vnější determinanty (Meyer, 2011). Podle Stanford Encyclopedia of Philosophy (Stanford University, 2015) může být kompatibilismus dokonce chápán jako kompatibilita mezi determinismem a morální zodpovědností. Jiní myšlenku kompatibilismu zcela odmítají jako zbytečný konstrukt (Van Inwagen, 2008¹⁶), nebo otevřeně přiznávají, že mu nerozumí (Shariff, Schooler, & Vohs, 2008).

Za kompatibilistu sám sebe považuje především soudobý filozof Daniel Dennett. Ten popírá karteziánský dualismus (tedy myšlenku nezávisle existujícího „těla a duše“) a tedy i vůli vyplývající z „já“. Namítá totiž, že naše tendence redukovat „já“ na něco malého v koutku psychického systému způsobila, že nemůžeme přisoudit takové entitě žádnou kauzální sílu (Dennett, 2008). Dennett doslova píše: „*Když uděláte sebe samotné opravdu malými, můžete externalizovat prakticky cokoli.*“ (Dennett, 1984, s. 143, vlastní překlad).

¹⁵ Povšimněme si zde návaznosti na Van Inwagenovu definici svobodné vůle z podkapitoly 4.1.

¹⁶ Van Inwagen (2008) se celkově vyhraňuje vůči zde popsanému dělení, nikoli pouze vůči kompatibilismu.

Velmi působivý kompatibilistický model svobodné vůle přináší ve své stati John Baer (2008). Ten argumentuje, že svobodná vůle jakožto nějaká nadpřirozená nezapříčiněná hybná síla zřejmě neexistuje (v čemž se v podstatě shoduje s Dennettem, viz Dennett, 2003, s. 222). Baer však pokračuje, že jestliže chápeme svobodnou vůli v mezích determinismu, který je zcela vyžadován, aby svobodná vůle fungovala (aby mohla být kauzálním činitelem), pak je možná a zcela smysluplná. Indeterminismus ji naopak vyvrací, protože indeterministické univerzum je řízeno náhodou; svobodná vůle ale náhodná není (viz Baer, Kaufman, & Baumeister, 2008, s. 4).

4.3 Libetův přístup ke svobodné vůli

Jak jsme již uvedli, Libet chápal svobodnou akci jako takový úkon, který nemá externí příčiny a který je subjektivně vnímán jako svobodný. Jak vyplývá z Libetových snah obhájit existenci vědomého veta, Libet věřil, že přinejmenším v podobě veta je svobodná vůle možná (Libet, 1999). Zdá se tedy, že Libetovo chápání svobodné vůle je velmi blízké Van Inwagenově definici. Navzdory tomu je velmi obtížné zařadit Libetův koncept svobodné vůle do výše zmíněných kategorií, protože jeho pojetí se zakládá na empirických pozorováních. Tam, kde Libet nemá k dispozici dostatek dat, se zdržuje soudů. O tom svědčí následující dva postřehy.

Za prvé, Libetovy výzkumy naznačují, že vědomé veto může být svobodné, ale neposkytují pro to nezvratný důkaz.¹⁷ Za druhé, měli bychom rozlišovat mezi volným rozhodováním mezi alternativami (*deliberation*) a rozhodnutím jednat v určitou chvíli (*act now*). Libetovy výzkumy se týkají pouze rozhodování ve druhé z těchto forem¹⁸, a proto je nelze zobecnit na rozhodování mezi alternativami. Z respektu k faktu, že Libet byl především empirický vědec, se zde tedy nebudeme pokoušet zařadit jeho chápání svobodné vůle do systému, který jsme popsali v podkapitole 4.2.

Na závěr teoretické části uvedeme možná nejvýznamnější Libetův postřeh ze všech: introspektivní výpovědi probandů nelze v empirickém výzkumu vědomí, potažmo výzkumu svobodné vůle, ignorovat. Libet ve své monografii napsal, že „*jako experimentální vědec*

¹⁷ Proto nelze na základě Libetových výsledků jednoznačně potvrdit platnost Van Inwagenovy definice.

¹⁸ Ačkoli pozdější výzkumy již poskytují i závěry týkající se rozhodování v prvním smyslu, viz Haggard & Eimer, 1999; Haggard & Libet, 2001; Trevena & Miller, 2002; Soon et al., 2008.

pevně věřil a věří, že lidská výpověď o vědomé zkušenosti by měla být považována za primární důkaz. (...) Na řádně získané introspektivní výpovědi o vědomé zkušenosti by mělo být nahlíženo jako na jakýkoli jiný důkaz, dokud nebude spolehlivost těchto výpovědí ovlivněna či zpochybněna jiným důkazem.“ (Libet, 2004, s. 11, vlastní překlad). Tento výrok tedy nejen ospravedlňuje Libetovo použití hodin pro záznam introspektivně vnímaného okamžiku rozhodnutí, ale také poukazuje na to, že nemůžeme v diskuzi o svobodné vůli ignorovat, že jako lidé máme obecný introspektivní dojem, že ve svých volbách jsme svobodní.

Empirická část

5 Studie Libetova experimentu na katedře psychologie FF UP

Empirická část této diplomové práce obsahuje detailní popis dvou výzkumů, které byly zahájeny na Katedře psychologie Filozofické fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Prvním z těchto výzkumů je **revize Libetova experimentu**. K té jsme se rozhodli, protože ačkoli existuje bezpočet publikací, které Libetův experiment komentují, interpretují nebo kritizují, jeho čisté replikace se v literatuře téměř nevyskytují¹⁹. Libetova původní metodologie byla vysoce specifická a obsahovala velké množství detailů, které Libet poměrně precizně popsal. Ačkoli se snažíme těchto pokynů důsledně držet, nepoužíváme pro naši studii výraz „replikace“ (resp. používáme jej pouze neoficiálně v pracovních týmových konverzacích) a preferujeme výraz „revize“; to z toho důvodu, že replikovat původní studii do nejmenších detailů, které Libet popsal, se ukázalo být velmi obtížné. Provést revizi Libetova experimentu nicméně považujeme za ideální výchozí bod pro naše další výzkumy.

Kromě revize Libetova experimentu, kterou popisujeme v kapitole 6 této práce, jsme se po vzoru některých výzkumníků (např. Haggard & Eimer, 1999; Trevena & Miller, 2002; Soon et al., 2008; Schurger, Sitt, & Dehaene, 2012) zaměřili také na jeden z mnoha dílčích aspektů Libetovy metodologie. Tím jsou **subjektivně uváděná introspektivní data**, jejichž koncept Libet se svými kolegy zavedl ve své druhé publikaci k experimentu (Libet et al., 1983). „Libetovská tradice“ předpokládá, že časy W a M (viz podkapitolu 2.3.1) jsou probandovi subjektivně přístupné, jsou vzájemně odlišitelné a jsou vnímány v určitém pořadí. Libet tato kritéria zdánlivě splnil, avšak Gomes (1998) kriticky namítl, že Libetovy výsledky mohou být důsledkem snahy probandů vyhovět očekáváním výzkumníka. Metodologie a výsledky naší studie ověřující tuto námitku jsou náplní kapitoly 7 a zároveň hlavním výzkumným zaměřením této práce.

¹⁹ Publikované experimenty jsou obvykle modifikace zaměřené na rozpracování nějakého dílčího prvku Libetova experimentu. V literatuře tedy chybí především snahy o čistou replikaci původního výzkumu.

6 Revize Libetova experimentu

Tato kapitola se zabývá popisem příprav a dosavadního průběhu revize Libetova experimentu (jak jsme již uvedli, studie stále probíhá a její ukončení očekáváme v létě 2016). Protože nejde o klasický kvantitativní výzkum, nýbrž o revizi přes 30 let starého experimentu, lze jen obtížně sledovat výzkumné hypotézy nebo další náležitosti moderního psychologického výzkumu. Z toho důvodu se budeme v této kapitole spíše držet podobné struktury, jakou jsme použili v kapitole 2, ve které jsme se věnovali popisu původního Libetova experimentu. Pro správné pochopení následující části textu důrazně doporučujeme čtenáři se s obsahem kapitoly 2 seznámit.

6.1 Vznik výzkumného týmu a stanovení cílů výzkumu

Olomoucký výzkumný tým pro Libetovy experimenty vznikl v květnu 2014, prozatím ve tříčlenném složení Jana Šmahaje, Martina Zieliny a Tomáše Dominika. Náplní prvních několika setkání bylo hledání vhodného výzkumného problému, který by měl v současné době a za současného stavu diskuze Libetových experimentů smysl. Postupně se do diskuze připojili také Roman Procházka, Zuzana Sedláčková a Daniel Dostál.

Během našeho studia původních Libetových prací vycházelo postupně najevo, že Libetův experiment je příliš komplexní na to, aby mohl být dále rozpracován bez zkušenosti s jeho původní podobou. Z toho důvodu jsme jako výchozí bod pro naši výzkumnou práci zvolili revizi experimentu. Cílem této revize však není pouze seznámení se s problémem, ale především získání dalších relevantních dat. Libet a jeho kolegové pracovali s pouhými šesti probandy, z nichž jedna participantka byla z většiny analýz vyřazena (viz např. Libet et al., 1983). Jako cíl výzkumu jsme si tedy stanovili **výzkum zopakovat co nejděrněji jeho původní podobě**, avšak s vyšším počtem probandů.

Co se týče formálních náležitostí Libetovy metodologie, leží před námi zajímavá otázka, zda jde o kvantitativní nebo kvalitativní výzkum. Ačkoli Libet dodržuje přísné laboratorní podmínky a pracuje s více či méně objektivními kvantitativními daty, nestanovuje si žádné konkrétní hypotézy a nepoužil v podstatě žádné běžné postupy inferenční statistiky (viz

Libet, Wright, & Gleason, 1982; Libet et al., 1983²⁰; Libet, 1985). Na druhou stranu však výzkum nebyl zaměřen na sběr typicky kvalitativních dat za pomoci metod pro kvalitativní metodologii obvyklých. Uzavřeme tedy tuto úvahu tak, že Libetův výzkum je z metodologického hlediska velmi neobvyklý projekt, který vyžaduje specifický přístup, jenž nelze označit za jednoznačně kvantitativní ani jednoznačně kvalitativní.

6.2 Vzorek

Náš výzkumný soubor je tvořen osmi probandy rozdělenými do dvou skupin. V době tvorby tohoto textu spolupracujeme s první skupinou, kterou tvoří čtyři studenti psychologie, a to dva muži (21 a 22 let) a dvě ženy (rovněž 21 a 22 let). Zvětšení vzorku oproti původnímu Libetovu experimentu není velké, avšak počet osmi namísto šesti probandů má velké přednosti stran metodologického vyvažování hlavních experimentálních podmínek, které jsou vždy párové (série W a M, pořadí W-M a M-W, mód A a O a pre-set série s vetem a bez veta).

Participantů byli vybráni ve dvou kolech v průběhu listopadu a prosince 2015. V prvním kole potenciální participantů reagovali na základě dobrovolnosti na výzvu distribuovanou elektronicky (tedy e-mailem a webovými stránkami katedry psychologie). V případě zájmu měli participantů vyplnit dotazník, který nám poskytl základní údaje relevantní k výzkumu (např. pohlaví, věk, lateralita, délka vlasů, užívání psychoaktivních látek apod.). Tento dotazník nebyl anonymní. Ve druhém kole jsme provedli záměrný výběr 13 probandů s nejvhodnějšími kombinacemi charakteristik zjištěných dotazníkem.

S těmito vybranými participanty byl proveden hodinový briefing, ve kterém se seznámili s podstatou výzkumu, jeho účelem, časovými a dalšími nároky, etickým hlediskem a v neposlední řadě také výší finanční odměny (800 Kč za dokončení celého experimentálního procesu). Na otázku, zda si mohou participantů něco dalšího o Libetově výzkumu nastudovat, jsme odpověděli, že preferujeme, aby se účastníci s detaily experimentu seznamovali postupně pod naším vedením.

Zcela na závěr jsme z vhodných probandů vybrali osm tak, aby byla naplněna metodologická kritéria (tedy 4 muži a 4 ženy, všichni praváci, pouze prezenční studium).

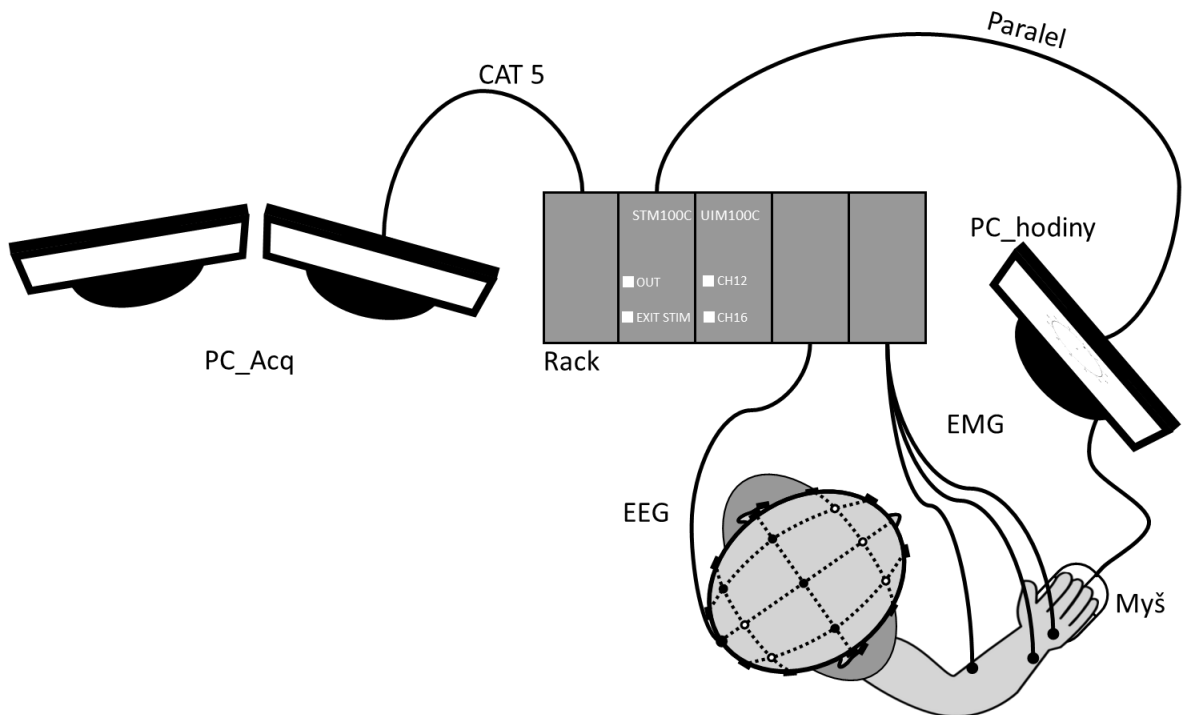
²⁰ V této práci se Libet zmiňuje o tom, proč nepoužívá inferenční statistické testy pro analýzu počátků RP. Uvádí, že tuto proměnnou nelze nijak analyzovat, protože po zprůměrování RP do jediné křivky mizí informace o hodnotě směrodatné odchylky, která by byla pro statistické výpočty zapotřebí (viz Libet et al, 1983, s. 634).

S ostatními účastníky zůstáváme v kontaktu pro případ potřeby náhradníka. Osm definitivně vybraných účastníků jsme rozdělili náhodně do dvou skupin, avšak dali jsme probandům možnost se v případě časových problémů domluvit na změně zařazení.

Data nejsou anonymizována a participantů jsou s tím seznámeni. Anonymizace proběhne jako zcela poslední krok při publikování výstupů.

6.3 Použité vybavení

Technické vybavení použité Libetem je popsáno v podkapitole 2.2 této práce. V této části uvedeme popis alternativního vybavení, které jsme zvolili pro revizi, a odůvodníme svou volbu. Důvod, proč nerevidujeme Libetův experiment s původním vybavením, je pochopitelně ten, že technologie snímání bioelektrických signálů i výpočetní technika od 80. let značně pokročily.



Obr. 4: Uspořádání laboratorního vybavení pro série W, M a „pre-set“. Jelikož v těchto scénářích není třeba pracovat s analogovými kabely, vstupy OUT, EXIT STIM, CH12 a CH16²¹ zůstávají volné.

²¹ Analogových kanálů je v *racku* mnohem více, nicméně pro náš experiment jsou relevantní pouze kanály 12 a 16. Do bližších technických důvodů zde nebudeme zacházet.

6.3.1 Řízení experimentu

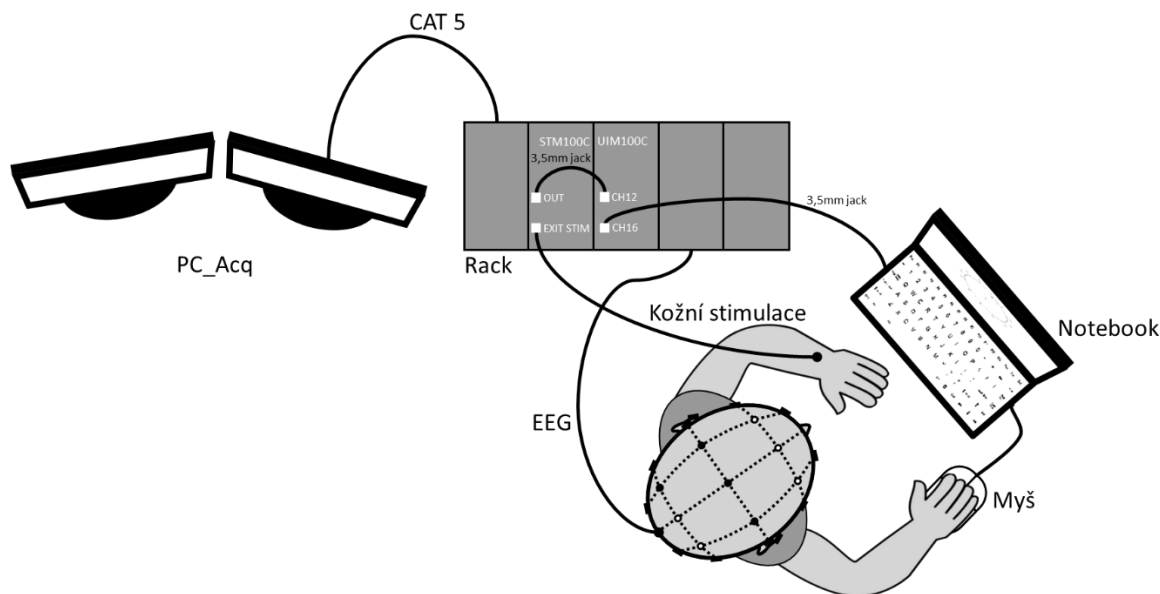
Experiment je prováděn na dvou počítačích napojených na řídicí jednotku MP150 od společnosti BIOPAC. Celé schéma vybavení pro série W, M a „pre-set“ je zobrazeno na obr. 4 a vybavení pro série S na obr. 5. Pro zjednodušení textu označíme jednotlivé jednotky tak, jak jsme je označovali i v pracovních kontrolních seznamech (viz Přílohu 2).

Jako **rack** označujeme soustavu několika sériově zapojených zařízení, do kterých vstupují veškerá psychofyziologická data. Kromě těchto vstupů má **rack** také několik analogových vstupů pro sluchátkové kabely o průměru 3,5 mm (které označujeme jako **3,5 mm jack**) a vstup pro paralelní kabel (dnes již málo užívaný kabel dříve zapojovaný do tiskáren; označujeme jako **paralel**). Výstupní porty na **racku** jsou potom jeden pro internetový kabel kategorie 5 (označujeme jako **CAT 5**), jeden analogový výstupní port pro 3,5 mm **jack** (označujeme jako **OUT**) a jeden speciální port pro řízení kožního stimulatoru.

Jako **PC_hodiny** označujeme stolní počítač, na kterém běží skript s Libetovými hodinami v sériích W a M. V těchto sériích jsou **PC_hodiny** hlavní řídicí jednotkou celého experimentu. **PC_hodiny** jsou k **racku** připojené za pomoci paralelního kabelu.

Jako **notebook** označujeme přenosný počítač se skriptem s Libetovými hodinami, který řídí série S. V tomto případě nepoužíváme **PC_hodiny**, protože bezpečnostní opatření pro kožní stimulaci vyžadují počítač s akumulátorem. Důvod je následující: kdyby došlo ke zkratu na základové desce počítače připojeného přímo k elektrické síti, proband by mohl být ohrožen elektrickým proudem procházejícím 3,5 mm **jacky** (viz obr. 5).

Jako **PC_Acq** označujeme počítač, ve kterém se veškerá data zaznamenávají do souboru formátu „acq“. Tento formát označuje soubory určené pro software AcqKnowledge, avšak data jsou jednoduše převoditelná do souboru textového formátu CSV (*comma separated values*), se kterým lze pracovat v tabulkových procesorech jako MS Excel, Statistica nebo SPSS, ale také programovacích jazycích jako R.

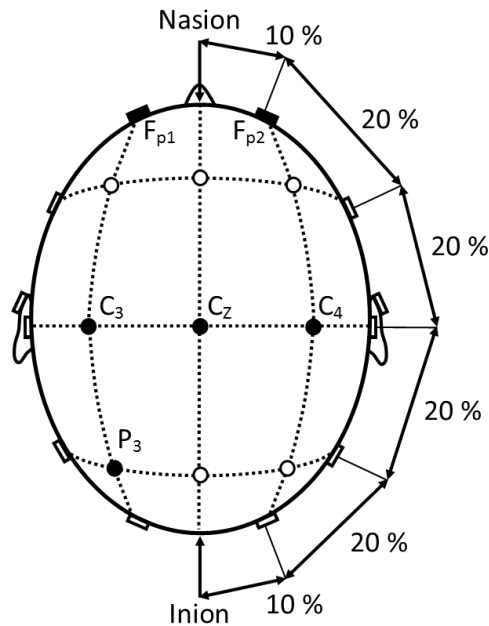


Obr. 5: Uspořádání laboratorního vybavení pro sérii S. PC_hodiny jsou v tomto případě z bezpečnostních důvodů nahrazeny přenosným počítačem (notebook).

6.3.2 Měření EEG

Data EEG měříme ve standardizovaném systému 10-20 za pomoci EEG čepice s 19 měřícími elektrodami, která výrazně přispívá k jednoduchosti a správnosti měření. Dvě zemnicí elektrody mimo čepici jsou připnuté na ušních lalůčkách. Stejně jako Libet měříme EEG aktivitu v bodech F_{p1} , F_{p2} , C_z a P_3 . Kromě těch však Libet umísťoval také dvě nestandardní elektrody C_c a C_i do oblasti presuplementární motorické kůry (pre-SMA). Tyto body jsme nahradili elektrodami v lokalizacích C_3 a C_4 (viz obr. 6), a to z těchto tří důvodů: (1) z bodů C_c a C_i Libet získal jen velmi málo platných informací (nejvýznamnější bylo zjištění, že v případě RP typu II byla mezi těmito body zaznamenána asymetrická aktivita; Libet, Wright, & Gleason, 1982, s. 331), (2) na základě jiných výzkumů (Caspar & Cleeremans, 2015) očekáváme, že obecnou lateralizovanou motorickou aktivaci můžeme sledovat i na elektrodách C_3 a C_4 , a (3) máme k dispozici pouze EEG čepici standardizovanou v systému 10-20, kterou nelze modifikovat.

Měření všech uvedených lokalizací jsme prováděli zároveň, jelikož naše vybavení neomezuje počet aktivních elektrod, jako to bylo v Libetově případě.



Obr. 6: Umístění EEG elektrod na hlavě probanda při naší revizi Libetova experimentu. Všechny elektrody jsou umístěny v souladu se systémem 10-20. Elektrody v lokalizacích C_3 a C_4 nahrazují Libetem původně použité elektrody v lokalizacích C_c a C_i .

6.3.3 Měření EMG a záznam pohybu

Libet si ve svém experimentu stanovil jako sledovaný pohyb flexi prstů nebo celého zápěstí (viz podkapitolu 2.2.4). Tento pohyb je podle našeho názoru pro účely experimentu vhodný. Bohužel, v našem případě jej nemůžeme použít, protože naše laboratorní vybavení neumožňuje ovládní rozhraní s Libetovými hodinami aktivací svalu. Flexi prstů nebo zápěstí jsme tedy nahradili kliknutím myši. To s sebou přináší několik technických a metodologických problémů (viz níže), nicméně v soudobých výzkumech se stisknutí tlačítka v libetovském paradigmatu používá zcela běžně (např. Haggard & Eimer, 1999; Trevena & Miller, 2002; Soon et al., 2008; Caspar & Cleeremans, 2015).

Abychom nepřišli o cenná objektivní data o svalové aktivitě, měříme bipolární EMG na svalech aktivních při kliknutí na tlačítko myši pravým ukazováčkem. Zemní elektroda je umístěna na pravém předloktí tak, aby nezaznamenávala žádné signály z klikání myši.

Ve výsledkových grafech pak za nulový bod, tedy objektivní zahájení pohybu, považujeme překročení kritické hodnoty na elektromyogramu. Měřit pohyb tímto dvojitým způsobem může být metodologicky problematické, jelikož kliknutí tlačítka myši vydává zpožděný zvuk, který může zkreslovat subjektivní čas W (viz Banks & Isham, 2009).

Z tohoto důvodu jsme se v průběhu experimentálních sezení rozhodli ve všech dalších pokusech aplikovat probandům s jejich svolením ucpávky do uší. Předpokládáme proto, že i přes tento odklon od původního experimentu naši probandi vztahují své introspektivní výpovědi k zahájení pohybu a nikoli k „domáčknutí“ myši. Rovněž se domníváme, že kliknutí myši může být pro probanda snáze zaměřitelný pohyb než flexe prstů nebo zápěstí, protože kliknutí je mnohem kratší a lépe ohraničené.

Získaná elektromyografická data převedeme do podoby integrovaného EMG, které na základě kritických hodnot stanovených individuálně po dokončení všech měření převedeme do dichotomické podoby (0 – není aktivní, 1 – je aktivní). S pomocí té budeme stanovovat nejranější okamžik aktivace svalu.

6.3.4 Experimentální hodiny

Software Libetových hodin naprogramoval Daniel Dostál v jazyce JavaScript jako webovou aplikaci. Díky tomu, že jde o online aplikaci spustitelnou na jakémkoli počítači s přístupem k internetu, jsme mohli experiment testovat nebo v jednodušších obměnách používat i jinde než v laboratoři (svou užitečnost toto řešení prokázalo především při výzkumu introspektivních výpovědí; viz podkapitulu 7.2). Výhodou online řešení je také okamžité odeslání naměřených dat do centrální databáze, takže experimentem může procházet v podstatě neomezené množství probandů zároveň.

Při návrhu a tvorbě hodin jsme se soustředili na co nejvyšší míru věrnosti původnímu Libetovu designu. Protože Libet používal pro zobrazení hodin osciloskop CRO, který zobrazuje hodiny ve světlé barvě na černém pozadí, jako výchozí podobu hodin jsme taktéž zvolili bílý obrys na černém pozadí (ačkoli máme možnost jednoduchou změnou nastavení barvy obrátit). Vzhled našich hodin je tedy v podstatě totožný se vzhledem hodin, které použil Libet (viz obr. 2). Můžeme manipulovat také s rychlostí oběhu bodu na obvodu ciferníku, avšak jako výchozí hodnotu máme nastavenou stejnou rychlost jako v Libetově případě, tedy jeden oběh za 2,56 s. Pro prezentaci hodin používáme moderní LCD monitor s rozlišením 1280x800. Dodržujeme však Libetem stanovený zorný úhel 1,8°, ze kterého

jsme jednoduchou goniometrickou funkcí vyvodili, že vzdálenost očí od středu hodin musí odpovídat přibližně šestnáctinásobku²² průměru hodin.

Webová stránka s hodinami se skládá z úvodní strany s nápovědou a nastavením (s položkami Číslo sezení, Jméno probanda, Pohlaví, Lateralita, Scénář sezení, Poznámky, Průměr hodin, Rychlost oběhu a Barevné schéma), stránky s instrukcí (která se mění v závislosti na zadaném scénáři, pohlaví a lateralitě) a stránky s hodinami, které se rovněž chovají různě v závislosti na zadaném scénáři.

6.3.5 Měření EOG

Měření EOG neprovádíme, a to jednak proto, že Libet sám EOG po několika nezdarech přestal měřit, a jednak proto, že částečnou informaci o očních pohybech a mrkání získáváme ze záznamu na frontopolárních elektrodách F_{p1} a F_{p2} . Aplikace speciálních elektrod pro měření EOG by zbytečně komplikovala experimentální postup a zatěžovala probandy.

6.3.6 Kožní stimulace

Kožní stimulace v Libetově případě fungovala na bázi elektrody, která stimulovala kůži slabým elektrickým výbojem. V našem uspořádání používáme kožní stimulaci dodanou společností BIOPAC, která funguje na zcela taktilní bázi, takže žádný elektrický proud na kůži nepřenáší.

Je možné, že použitím taktilního stimulatoru ztrácíme oproti Libetovu elektrickému stimulatoru na přesnosti. Nemáme totiž k dispozici spolehlivý prostředek, kterým bychom mohli ověřit případnou latenci taktilního stimulatoru.

Kromě toho, že nemůžeme změřit latenci stimulu na výstupu, se také vystavujeme riziku malého zkreslení (v řádech jednotek milisekund) na vstupu, jelikož signál pro stimul přichází do *racku* v analogové podobě, které není jasně ohraničená (má velmi krátkou, avšak na grafech zřetelnou počáteční výchylku; kvůli chybějícímu prostředku ke změření latence nemůžeme určit, zda tato výchylka překračuje aktivační hodnotu stimulatoru, a tak nevíme, zda stimulator reaguje na tuto výchylku nebo až následující vrchol signálu).

²² Přesný koeficient je 15,91.

6.4 Průběh experimentu

V rámci stanovování cílů revize jsme si předsevzali, že se budeme snažit zopakovat Libetův výzkum do co nejpodrobnějších detailů, a proto se snažíme držet se také původních doporučení k obsahu sezení. Opakujeme všechny druhy Libetových sérií – sebou iniciované volní akty (W a M), kožní stimulaci v předem neznámých časech (S) a motorické akty v předem stanovených časech („pre-set“). Série W, M a S provádíme v módu A i O; „pre-set“ série provádíme ve variantě s vědomým vetem i bez něj (viz podkapitolu 2.3). Pro celkový přehled náplně sezení viz tab. 2.

1. sez. (trén.)	zácvik [<i>EMG biofeedback. Spontánní pohyb. W, M, S série.</i>]					
2. sez. (reg.)	trénink W(A) (10 pokusů)	W(A) (40 pokusů)	trénink M(A) (10 pokusů)	M(A) (40 pokusů)	trénink S(A) (10 pokusů)	S(A) (40 pokusů)
3. sez. (reg.)	trénink W(O) (10 pokusů)	W(O) (41 pokusů)	trénink M(O) (10 pokusů)	M(O) (41 pokusů)	trénink S(O) (10 pokusů)	S(O) (41 pokusů)
4. sez. (reg.)	trénink M(A) (10 pokusů)	M(A) (40 pokusů)	trénink W(A) (10 pokusů)	W(A) (40 pokusů)	trénink S(A) (10 pokusů)	S(A) (40 pokusů)
5. sez. (reg.)	trénink M(O) (10 pokusů)	M(O) (41 pokusů)	trénink W(O) (10 pokusů)	W(O) (41 pokusů)	trénink S(O) (10 pokusů)	S(O) (41 pokusů)
6. sez. (dopl.)	trénink P-S(bV) (10 pokusů)	P-S(bV) (40 pokusů)	trénink P-S(V) (10 pokusů)	P-S(V) (40 pokusů)	trénink W(A) (10 pokusů)	W(A) (40 pokusů)
7. sez. (dopl.)	trénink P-S(V) (10 pokusů)	P-S(V) (40 pokusů)	trénink P-S(bV) (10 pokusů)	P-S(bV) (40 pokusů)	trénink W(O) (10 pokusů)	W(O) (41 pokusů)

Tab. 2: Příklad jednoho z uspořádání sezení v naší revizi Libetova experimentu. Písmeno W označuje série, v nichž proband uváděl čas nutkání k pohybu, písmeno M označuje série, v nichž proband uváděl čas pohybu a písmeno S označuje série s kožní stimulací. Kód P-S(bV) označuje „pre-set“ série bez veta, kód P-S(V) označuje „pre-set“ série s vetem. Písmena A a O v závorce označují mód vybavení. V sériích s módem O jsme prováděli 41 pokusů, abychom se vyhnuli nutnosti dopočítávat chybějící hodnotu.

V některých aspektech se však náš plán výzkumu od Libetova designu liší. Ačkoli jsme se snažili dodržet Libetovy pokyny k zácviku, zohlednili jsme námitky proti sdělování informace o přesnosti odpovědi probandům v pokusech s kožní stimulací (viz např. Gomes, 1998). Proto veškeré S série (zácvikové i regulérní) provádíme bez poskytnutí zpětné vazby, ačkoli tím riskujeme, že zácvik nesplní svou úlohu „výuky probanda“ ke správné introspekci.

Nepovažovali jsme za důležité provádět dvě zácvičná sezení za sebou a proto jsme omezili zácvik pouze na jedno sezení. Při tomto tréninkovém setkání je proband nejprve připojen k EMG biofeedbacku, na němž se naučí klikat myší dostatečně prudce tak, aby rozdíl mezi okamžikem aktivace svalu a okamžikem stisknutí tlačítka byl co nejnižší. Tento zácvik provádíme na studentském laboratorním setu MP36, protože EMG biofeedback je na něm již připraven jako šablona, která našim potřebám zcela vyhovuje. Poté probanda přesuneme do pozice pro ostrá měření (viz obr. 7), ve které mu vysvětlíme úkoly W, M a S sérií v obou módech měření (A i O). Úlohy si proband může ihned vyzkoušet. Vysvětlení a zácvik v „pre-set“ sériích provádíme v 6. sezením, ve kterém se poprvé objevují. Na rozdíl od Libetova uspořádání nesdělujeme přesnost v „pre-set“ sériích.



Obr. 7: Proband usazený v experimentální poloze. Pravá ruka spočívá na myši připojené k PC_hodinám. Na hlavě má připevněnu EEG čepici a na pravém zápěstí elektrody bipolárního EMG.

Na začátku sezení neprovádíme trénink s 25 pokusy s kožní stimulací, jak to prováděl Libet, a to ze tří hlavních důvodů: (1) nesdělujeme probandům informace o jejich přesnosti, a proto by tento trénink měl malý význam, (2) lze namítat, že vnímání kožního stimulu není ekvivalentem introspekce, a proto by trénování přesnosti vnímání doteku nemělo ovlivňovat introspektivní odpovědi v průběhu sezení, a (3) takovýto postup by byl technicky velmi komplikovaný, jelikož přechod na série pokusů s kožní stimulací vyžaduje složité přepojení měřicí aparatury. Dodržujeme však tréninky za pomoci 10 pokusů v odpovídajícím režimu před každou sérií (provádíme tedy 10 pokusů „nanečisto“ a pak 40 ostrých měření).

Máme za to, že Libet se dopustil metodologické chyby v rotaci experimentálních podmínek. Ve svém textu (Libet et al., 1983, s. 628) uvádí, že mezi sezeními se střídalo pořadí sérií W a M a podle stejného klíče se rovněž měnilo pořadí módů A a O. Tento způsob rotace musí způsobit, že rozdíly mezi výsledky z pokusů v módu A a O mohou být vysvětleny také pořadím podmínek W a M. Z toho důvodu jsme zvolili složitější metodu rotace, díky níž se tomuto problému vyhneme (v podstatě jsme se řídili latinským čtvercem, díky němuž jsme sestavili čtyři posloupnosti podmínek tak, aby každý proband prošel všemi podmínkami a aby každou posloupností prošli právě dva probandi; viz tab. 3).

Sezení	A	B	C	D
1. trén.	EMG biof. – M(O) – W(A) – S(A) – S(O)	EMG biof. – M(O) – W(A) – S(A) – S(O)	EMG biof. – M(O) – W(A) – S(A) – S(O)	EMG biof. – M(O) – W(A) – S(A) – S(O)
2. reg.	W(A) – M(A) – S(A)	W(O) – M(O) – S(O)	M(A) – W(A) – S(A)	M(O) – W(O) – S(O)
3. reg.	W(O) – M(O) – S(O)	W(A) – M(A) – S(A)	M(O) – W(O) – S(O)	M(A) – W(A) – S(A)
4. reg.	M(A) – W(A) – S(A)	M(O) – W(O) – S(O)	W(A) – M(A) – S(A)	W(O) – M(O) – S(O)
5. reg.	M(O) – W(O) – S(O)	M(A) – W(A) – S(A)	W(O) – M(O) – S(O)	W(A) – M(A) – S(A)
6. dopl.	P-S(V) – P-S(bV) – W(A)	P-S (V) – P-S(bV) – W(O)	P-S(bV) – P-S(V) – W(A)	P-S(bV) – P-S(V) – W(O)
7. dopl.	P-S(bV) – P-S(V) – W(O)	P-S(bV) – P-S(V) – W(A)	P-S(V) – P-S(bV) – W(O)	P-S(V) – P-S(bV) – W(A)

Tab. 3: Systém rotace experimentálních podmínek v naší revizi Libetova experimentu. Písmena A, B, C a D označují dvojice probandů (z nichž jeden je členem první testované skupiny a druhý členem druhé testované skupiny). Rotace je navržena tak, aby se střídal mód A a O a zároveň aby proband prošel sérií W a M v obou těchto módech.

Některé další prvky experimentu jsme si v souladu s nejlepším svědomím vytvořili navíc, a to obvykle proto, že jsme potřebovali vyřešit nějaký technický nebo metodologický problém, který Libet ve svých textech nepopsal. Především nám chyběly informace o uspořádání poslední dvou sezení s „pre-set“ sériemi nebo některé detailní technické informace o průběhu sezení. Tyto technické náležitosti jsme si museli stanovit sami a ve zbývajících odstavcích této kapitoly se jim budeme věnovat.

Protože u vlastního měření nemohli být přítomni všichni členové našeho týmu zároveň, bylo třeba si vytvořit velmi přísně standardizovaný postup práce v laboratoři. Z tohoto důvodu vznikly dva dokumenty – manuál a kontrolní seznamy (které jsme pracovníčně začali označovat jako „*checklisty*“; v zájmu zjednodušení budeme tento anglický termín používat i v dalším textu).

Manuál byl vytvořen jako první a jeho účelem bylo ucelit koncepci měření. Nejde o podrobný popis technického postupu, s jehož pomocí by mohla experiment provést i nezasvěcená osoba, ale spíše o přehlednou příručku k experimentu. Manuál má přes 80 stran, proto v Příloze 3 uvádíme jen jednu vzorovou stranu.

Mnohem významnějším dokumentem byly *checklisty*. Tyto dokumenty měly unikátní znění pro každé sezení a proto postupně vznikne přes 50 verzí. Každý *checklist* obsahuje detailní popis technického postupu krok za krokem, přičemž každý krok je uveden zaškrtačacím políčkem. Celé znění všech *checklistů* by přesáhlo 150 stran, a proto v Příloze 2 uvádíme pouze jeden reprezentativní *checklist* pro jedno sezení se sériemi W, M a S vybraný přibližně z poloviny celého experimentálního procesu. *Checklisty* byly navrženy tak, aby s jejich pomocí mohl experiment provést kdokoli, tedy i poučený asistent, který jinak nemusí podrobnosti Libetova experimentu znát. Tuto možnost jsme však nerealizovali; veškerá sezení tak byla vedena kvalifikovanými členy týmu, a to pokaždé ve dvojici pro vzájemnou kontrolu.

6.5 Očekávané výsledky

Jelikož experiment stále probíhá, můžeme se zde pouze vyjádřit k tomu, v jaké formě získáme výsledky a jakým způsobem je zpracujeme. Výchozím bodem pro tuto otázku je naše technické zázemí – získáváme dva druhy dat ze dvou různých rozhraní: Libetových hodin a programu AcqKnowledge.

Libetovy hodiny nám slouží k registraci introspektivních dat (tedy W, M a S) a registraci stisknutí tlačítka myši. Tyto informace jsou v průběhu série (série, nikoli sezení) ukládány

do paměti prohlížeče a po dokončení úlohy odeslány do databáze na vzdálený server. Tím je odstraněn hrozící problém s nepřesným časováním hodin v případě, že by skript fungoval zcela online. Výstupní podobou těchto dat je soustava tabulek, které obsahují informace o sezení (tedy informace vložené do formuláře na úvodní stránce hodin) a informace o jednotlivých událostech v sezení (např. stisknutí tlačítka, vyslání kožního stimulu nebo zaznamenání času W, M nebo S).

Program AcqKnowledge registruje a v reálném čase přehledně zobrazuje psychofyziologická data ze všech elektrod EEG a EMG. Kromě toho jsme také specifickým způsobem zapojení kabelů do *racku* docílili toho, že v AcqKnowledge vidíme informaci o stisknutí tlačítka myši (včetně jeho délky) a o průchodu signálu vedoucího k aktivaci kožní stimulace²³. Tato data se ve výchozím nastavení ukládají ve formátu .acq, který lze otevřít pouze v softwaru AcqKnowledge na počítači, který je navíc připojen k aktivnímu *racku*. Pro analýzu proto data převádíme do textového souboru CSV („*comma separated values*“), který lze otevřít ve velkém množství jiných aplikací (viz podkapitolu 6.3.1).

Abychom mohli data z obou zdrojů spojit, je třeba mít při měření v každém typu série alespoň jeden výstup, kterým můžeme Libetovy hodiny a AcqKnowledge „synchronizovat“. To jednoduše znamená, že potřebujeme, aby se nějaký objektivní ukazatel projevoval ve stejný okamžik v záznamu v programu AcqKnowledge a v záznamu v hodinách. Pro W, M a „pre-set“ série je tímto ukazatelem stisknutí tlačítka myši, které primárně zaznamenává počítač s hodinami, ale paralelním kabelem ho ihned přeposílá i do *racku* a potažmo programu AcqKnowledge. Pro S série je pak tímto synchronizačním ukazatelem kožní stimul, který je generován hodinami (tudíž hodiny tuto událost registrují díky tomu, že ji vyvolaly) a následně poslán smyčkou vytvořenou s pomocí 3,5 mm *jacků* do *racku*, což v záznamu vytvoří zřetelný „zářez“.

Spojená data budou dále detailně analyzována. Prvním krokem analýzy je vytvoření složených grafů pro každé sezení a každého probanda. Tyto složené grafy zachycují časové „okénko“ od -1500 do +500 ms (tedy od 1,5 sekundy před pohybem do 0,5 sekundy po pohybu). V grafech sérií W, M a „pre-set“ jsou vyneseny křivky zprůměrovaných průběhů

²³ Uvádíme záměrně „průchodu signálu“ a nikoli „zahájení stimulu“, protože tento záznam nemusí zcela odpovídat okamžiku vyslání stimulu hodinami nebo jeho „doručení“ na probandovu pokožku (kvůli latenci způsobené elektrickým vedením). Jak uvádíme výše, určitá latence je možná, avšak nedisponujeme možnostmi ji přesně změřit (viz podkapitolu 6.3.6)

EEG (z každé elektrody jedna křivka), a zaznačeny čas aktivace EMG, čas stisknutí tlačítka myši a mediány časů W a M. V případě práce s módem O je pak namísto mediánů W a M uvedena vypočtená hodnota W a M na základě Libetova vzorce (viz podkapitolu 2.3.4). Pro S série je graf podobný, avšak namísto aktivace EMG je zaznačen okamžik vyslání stimulu, a namísto časů W a M je uveden medián nebo vypočtená hodnota pro čas S.

Další analýzy se budou odvíjet od kvality získaných dat. Naším předběžným plánem je prozkoumat vztahy subjektivních časů k možným relevantním proměnným (pořadí, postup v experimentu, denní doba apod.), podrobit statistické analýze rozdíly mezi probandy a v neposlední řadě ověřit, zda má smysl pracovat s průměrnými hodnotami W a M. Jak totiž ukazuje náš druhý výzkum, který uvádíme v kapitole 7, je velmi pravděpodobné, že data W a M nemají normální rozdělení, a proto se zdá být vhodnější pracovat s mediány těchto časů, popř. pro účel parametrických statistických metod využít nějaké formy lineární transformace. Co se týče RP, budeme stejně jako Libet odhadovat počátky křivek RP a výsledky srovnáme.

Po ukončení veškerých analýz a v průběhu jejich zveřejňování plánujeme dát odborné veřejnosti naše data k dispozici, abychom umožnili kritickou diskuzi našich a (v případě, že se nám zdaří dosáhnout dostatečné autenticity) také Libetových závěrů.

7 Ověření validity introspektivní výpovědi

V této kapitole se dostáváme k výzkumu, jehož provedení je cílem této práce. Jak jsme ukázali, Libetův experiment je vysoce komplexní problém, a to po stránce metodologické a technické, ale i filozofické. Není snadné se dokonale orientovat ve všech jeho aspektech, avšak některé prvky experimentu tvoří konzistentní celek, který lze ohraničit a výzkumně rozpracovat. Jedním z těchto celků jsou introspektivní výpovědi probandů v Libetově experimentu.

Když mluvíme o introspektivních výpovědích, máme na mysli uváděné časy W, M a S. Relevantní pro náš výzkum jsou časy W a M, čas S je mnohem méně problematický, protože se týká poměrně jasně definované schopnosti určit čas vnímaného doteku. Jak jsme již uvedli na mnoha místech v tomto textu, Gomes (1998) kritizoval koncept W, protože časy W (nutkání k pohybu) a M (pocit pohybu) jsou od sebe podle jeho názoru neodlišitelné (viz také podkapitolu 3.2 v tomto textu). Stejně tak postřeh Haggarda (Haggard & Libet, 2001), že rozdíl mezi W a M je menší než mezi RP a pohybem, naznačuje, že časy W a M nemusejí být odlišitelné dojmy.

Pokud je tato námitka platná, položme si otázku, jak je možné, že Libetovy výsledky ukazují naopak značný rozdíl mezi časy W a M. Možným vysvětlením je, že Libetovi probandi byli ovlivněni snahou naplnit očekávání experimentátora. Tím však Libeta neobviňujeme z vědomého podvodu; i v naší revizi (viz kapitolu 6) tento efekt pravděpodobně působí. Problematické je, že se tomuto jevu nelze vyhnout, jelikož experimentátorovo očekávání je neoddělitelnou součástí experimentální instrukce.

Vysvětlíme problém na následujícím příkladu: experimentátor vysvětluje probandovi, studentu Emilovi, podstatu série M. Emil bude provádět pohyb, kdykoli bude chtít, a poté uvede s pomocí hodin, v jakém okamžiku zaznamenal, že pohyb započal. Emil instrukci chápe a úkol čtyřicetkrát provede. Poté experimentátor začne vysvětlovat sérii W: Emil bude provádět stejný pohyb, avšak tentokrát bude na hodinách zaznamenávat, kdy si uvědomil první nutkání se pohnout. Emil instrukci přijme a začne úkol plnit. Provede pohyb, načež je dotázán na okamžik prvního nutkání. Emil si nevzpomíná, že by měl nějaký jiný dojem než vlastní pohyb ruky. Předpokládá ale, že experimentátor chce, aby uvedl nějaký okamžik přípravy pohybu; odhadne proto čas, který jeho zaznamenání pohybu předcházelo, a tento čas uvede jako W.

Tento příklad ilustruje možnost, že probandi dojem „nutkání k pohybu“ nevnímají, ale vyvozují. Libet však s introspektivními časy W a M zacházel, jako by šlo o vnější vjemy, což je patrné i z toho, že jejich zkreslení „měřil“ s pomocí experimentu s kožní stimulací.

Cílem této kapitoly je představit uskutečněný experiment, který ověřuje předpoklad, že probandi své časy W introspektivně nevnímají, nýbrž vyvozují, vlivem čehož dochází ke zkreslení jejich výpovědí.

7.1 Výzkumný cíl a výzkumné otázky

Cílem popisovaného experimentu je ověřit, zda se od sebe liší hodnoty W a M, a to i po zohlednění potenciálního vlivu experimentální instrukce. Z toho vyplývá, že výzkumný cíl zahrnuje následující dvě výzkumné otázky:

1. Existuje konzistentní rozdíl mezi hodnotami W a M?
2. Existuje rozdíl v hodnotách W mezi situacím, kdy měření W je provedeno na začátku experimentu, a situacím, kdy je měření W provedeno až po měření hodnot M?

První otázka má poměrně přímočaré opodstatnění: zajímá nás, zda probandi na hodinách uvádějí jiný čas, pokud jsou dotázáni na nutkání k pohybu, oproti času, který uvádějí, když jsou dotázáni na dojem pohybu samotného. Vzhledem k tomu, že Libet tento rozdíl skutečně našel (ačkoli neuvedl, zda jde o rozdíl statisticky významný), předpokládáme, že tento rozdíl nalezneme také.

První otázka se však týká pouze toho, zda existuje rozdíl mezi uváděnými časy, ale nijak nerozvádí možnost, že tyto introspektivní dojmy jsou výsledkem usuzování a nikoli vnímání. Druhá otázka tuto možnost ověřuje. Předpokládáme, že pokud uváděné hodnoty skutečně závisí na experimentální situaci, pak by měly záviset také na pořadí předkládaných experimentálních podmínek.

7.2 Metody

Obě výzkumné otázky lze elegantně ověřit experimentálním postupem. Výzkumný vzorek rozdělíme na dvě skupiny, které projdou podobnou experimentální procedurou, avšak s odlišným pořadím. První experimentální skupina (označme si ji jako skupinu A) prochází zjednodušeným libetovským sezením, a to v pořadí podmínek W-M. To znamená, že proband v každém z prvních 40 pokusů stiskne tlačítko na klávesnici a poté uvede na Libetových hodinách (nastavených na mód A) čas prvního nutkání ke stisknutí tlačítka (W). V dalších 40 pokusech pak proband opět provádí stejný pohyb (stisknutí tlačítka), avšak na

hodinách uvádí vnímaný čas pohybu (M). Druhá experimentální skupina (označme si ji jako skupinu B) prochází totožným experimentálním uspořádáním, avšak v opačném pořadí (tedy nejprve M, potom W). Písmeno A tedy zastupuje pořadí W-M, písmeno B zastupuje pořadí M-W.

Experimentální proceduru jsme provedli v počítačové učebně na katedře psychologie na Univerzitě Palackého v Olomouci. Toto místo jsme zvolili, protože umožňuje provádět na počítačích experiment s mnoha probandy zároveň. V tomto ohledu se prokázala značná užitečnost online Libetových hodin, jelikož veškeré záznamy ze všech počítačů se automaticky shromažďují v jedné databázi.

Experiment proběhl dvakrát, což nebylo naším původním záměrem, avšak vývoj situace si toto opatření žádal. Pro přehlednost budeme tyto oddělené experimenty označovat jako Experiment 1 a Experiment 2. Nejprve popíšeme průběh Experimentu 1 a poté vysvětlíme, v čem se průběh Experimentu 2 lišil a proč.

Sezení v rámci Experimentu 1 proběhla 3. a 10. listopadu 2015. Každé sezení začínalo rozdáním anonymních kódů na lístcích, které po celý experiment sloužily jako identifikátory probandů. Dále jsme pokračovali předložením orientačního online dotazníku, který sloužil k získání základních informací o účastnících, včetně jejich aktuálního stavu (např. míra vnímané únavy). Poté, co všichni probandi dotazník vyplnili (a poskytli souhlas s účastí ve výzkumu, což byla poslední otázka v dotazníku), byli instruováni k přepnutí záložky v internetovém prohlížeči na úvodní stránku Libetových hodin. Na této stránce byl předvyplněný scénář (který byl stejný pro všechny účastníky daného sezení); probandi pouze uvedli svůj identifikační kód²⁴ a své pohlaví (lateralita v té době ještě nebyla do hodin zařazena). Po vyplnění údajů všichni probandi pod vedením experimentátora přešli na stránku s instrukcí. Po vyjasnění instrukce a zodpovězení případných dotazů byl zahájen sběr dat v prvních 40 pokusech, které měly režim (W nebo M) stejný pro všechny probandy v daném sezení. Poté měli probandi počkat, až prvních 40 pokusů dokončí všichni v místnosti. Následně si přečetli novou instrukci (a opět měli možnost položit případné otázky). Po jejich zodpovězení byl zahájen sběr dat v dalších 40 pokusech (v režimu opačném než v předchozí sérii). První den měření (3. listopadu 2015) byla provedena

²⁴ Aby bylo možné v případě potřeby správně spárovat odpovědi v dotazníku s výsledky experimentu.

3 sezení, o týden později (10. listopadu 2015) bylo provedeno dodatečné měření se zájemci, pro které v prvních třech sezeních nezbyla kapacita. Pořadí podmínek (W-M, M-W) se střídalo, takže v žádných dvou po sobě jdoucích sezeních nebylo stejné.

Ukázalo se, že v Experimentu 1 jsme udělali řadu metodologických chyb, které platnost získaných výsledků značně oslabily. Základní chybou bylo načasování prvního dne experimentu, který následoval bezprostředně po studentském večírku. To způsobilo značnou subjektivní únavu většiny participantů, což uváděli mj. v úvodním dotazníku. Kromě toho se také ukázalo, že není vhodné postupovat experimentem tak, že celá skupina čeká, až všichni probandi dokončí 40 pokusů v sérii, jelikož toto čekání probandy očividně nudilo a tudíž mohlo negativně ovlivňovat jejich pozornost v další sérii. Dalším nedostatkem bylo, že probandi si vzájemně viděli na monitory, což je mohlo v průběhu experimentu ovlivňovat, ale také znepokojovat, pokud soused svou sérii dokončil velmi brzy. Probandi také měli tendenci po skončení druhé série odcházet z místnosti, což ostatní probandy rovněž vyrušovalo ze soustředění. Kromě těchto větších omezení se také ukázalo, že jsme nepřizpůsobili experimentální proceduru levorukým probandům, kteří při stlačování klávesy museli mít levou ruku křížem přes klávesnici.

Veškeré tyto nedostatky nás vedly k uskutečnění Experimentu 2, a to přestože výsledky Experimentu 1 naplnily veškerá naše očekávání. Pro Experiment 2 jsme se rozhodli využít spolupráce se zcela jinou skupinou probandů (viz podkapitulu 7.3). Provedli jsme několik opatření, jejichž cílem bylo kompenzovat chyby, které jsme v předchozích měřeních našli. Mezi monitory jsme postavili kartony, které jsme získali z místních prodejen, takže proband již neviděli na sousední monitory. Do instrukce byla vložena varianta pro levoruké probandy a do Libetových hodin byla přidána možnost nastavení laterality. Odstranili jsme nutnost procházet sezením synchronizovaně, a to tak, že veškeré instrukce byly napsány přímo na monitoru a nebylo třeba je komentovat. V případě otázek jsme byli k dispozici, ale odpovídali jsme přímo tazajícímu se. Instruovali jsme probandy, aby po skončení 2. série zůstali sedět. Aby se nenudili, vyhledali jsme dvě tematická videa, která Libetův experiment popisují a diskutují. Probandy jsme požádali, aby si přinesli na sezení sluchátka (aby se vzájemně nerušili a aby mohli poslouchat komentář ve videích). Díky těmto změnám uspořádání jsme mohli zařadit nový metodologický prvek – úplné znáhodnění zařazení probanda do skupiny A nebo B, protože skupina v daném sezení již nemusela mít stejné pořadí podmínek. Zařazení jsme provedli na základě dvou typů identifikačních kódů, na

základě kterých si probandi podle námi sděleného klíče vyplnili položku Scénář na úvodní stránce Libetových hodin. Ostatní prvky, které jsme v tomto odstavci nezmínili, odpovídaly uspořádání v Experimentu 1.

Po ukončení každého sezení (v rámci Experimentu 1 i Experimentu 2) dostali probandi možno požádat o zaslání výsledkové zprávy s jejich osobními daty a základním přehledem a interpretací výsledků. Pět probandů této možnosti využilo.

7.3 Výzkumný soubor

Pro Experiment 1 jsme zvolili studenty psychologie v prvním ročníku prezenčního bakalářského studia. Tato skupina byla první volbou, protože je pro nás snadno dostupná a existuje velká pravděpodobnost, že její členové budou mít o experiment autentický zájem²⁵. Experimentu 1 se zúčastnilo 41 probandů, z toho 37 v první den experimentu (3. 11. 2015) a 4 v doplňkovém sezení (10. 11. 2015). Vzorek tvořilo 31 žen a 10 mužů (průměrný věk 20,0 let; SD = 1,47). Tři participantů uvedli, že jejich dominantní rukou je levá, jeden uvedl, že dominantní jsou obě (v takovém případě si měl pro pokusy zvolit tu ruku, kterou používá pro psaní); ostatní probandi uvedli pravorukost. Pouze čtyři probandi uvedli, že se cítí energicky nebo velmi energicky, 13 probandů uvedlo, že se cítí normálně, a 24 uvedlo, že se cítí unaveně nebo velmi unaveně. To poukazuje na dopad námi špatně zvoleného termínu po studentského večírku, který proběhl večer před prvním dnem testování. Známkou toho je zřejmě také fakt, že všichni čtyři probandi testování 10. 11. uvedli, že se cítí normálně. Všichni probandi v dotazníku uvedli, že souhlasí s účastí v experimentu. Co se týče dotazů na možný aktuální vliv návykových látek, osm probandů uvedlo, že se cítí pod vlivem kofeinu, dva pod vlivem tabáku a pět pod vlivem alkoholu. Tyto proměnné mohou potenciálně vysvětlovat značnou část rozdílů mezi probandy v odpovědích během experimentu.

Vzhledem k očividným omezením metodologie i výzkumného souboru v Experimentu 1 jsme přikročili ke druhému sběru dat na jiné skupině. Probandy v Experimentu 2 nám byli studenti (a jeden učitel) filozofie na Filozofické fakultě Univerzity Palackého v Olomouci (průměrný věk 23,7 let; SD = 4,5; relativně vysoká směrodatná odchylka je v tomto případě

²⁵ Což se potvrdilo, jak ukazuje fakt, že jsme naplnili kapacitu tří sezení a pro zbylé zájemce jsme vypsali doplňkové čtvrté setkání.

způsobena zařazením zmíněného vyučujícího, který svým věkem zbytek vzorku značně přesahoval). Celkový počet probandů v tomto experimentu byl 19, z toho 9 žen. Všichni probandi uvedli jako dominantní ruku pravou. 11 probandů uvedlo, že se cítí normálně, pět uvedlo, že se cítí unaveně, a tři uvedli, že se cítí energicky. Pod vlivem kofeinu se cítili tři probandi, čtyři pod vlivem tabáku, a tři probandi se cítili pod vlivem alkoholu. V Experimentu 2 jsme do dotazníku doplnili také otázku na znalost Libetova experimentu; deset probandů uvedlo, že o něm nikdy neslyšeli, pět uvedlo, že o něm slyšeli, ale neznají průběh ani závěry, a pět uvedlo, že jsou s experimentem rámcově seznámeni²⁶. Žádný z probandů neuvedl, že četl některý z primárních Libetových textů. Všichni probandi vyjádřili souhlas s účastí v experimentu.

Je patrné, že většina charakteristik probandů je v rámci Experimentu 2 příznivější než v Experimentu 1. Významnou výjimkou je rozsah souboru. V Experimentu 2 máme data od téměř polovičního počtu osob než v Experimentu 1. Ze statistického hlediska toto není problém, protože díky tomu, že jsme od každého probanda získali 80 odpovědí, datová matice je pro účely analýz dostatečně rozsáhlá. Obtíže způsobuje malý rozsah vzorku z metodologického hlediska, jelikož devatenáctičlenný vzorek není vzhledem k populaci reprezentativní. Totéž však platí i o prvním vzorku se 37 členy. Jinými slovy, abychom dosáhli reprezentativního výběru vzhledem k celé populaci (kterou nijak neomezujeme, proto za ni považujeme v podstatě všechny zdravé osoby ve věku mladé až střední dospělosti), museli bychom dosáhnout vzorku o stovkách probandů. To však není vzhledem k našim výzkumným otázkám třeba.

7.4 Proměnné

Náš design pracuje s běžnou experimentální terminologií proměnných. Za závislou proměnnou považujeme hodnoty, které získáváme od probandů v podobě odpovědí v Libetových hodinách (resp. jejich rozdíl oproti okamžiku stisknutí klávesy²⁷; proto tuto proměnnou označujeme dále v textu jako *time_diff*). Tato závislá proměnná je metrická

²⁶ Šlo bez výjimky o probandy starší 25 lety.

²⁷ Pozorný čtenář si může povšimnout, že v tomto případě používáme okamžik stisknutí klávesy a nikoli aktivace EMG. Důvod je čistě pragmatický – nemáme k dispozici dostatečné vybavení pro měření EMG všech přítomných probandů současně. Proto jsme přistoupili na toto zjednodušení, ačkoli jsme si vědomi jeho omezení.

poměrová, což významně zvyšuje pravděpodobnost vytvoření vhodného regresního modelu v rámci pozdějších analýz.

Za nezávislé proměnné považujeme následující. Proměnná *mode* je dichotomická nezávislá proměnná, která zahrnuje úrovně W a M; jde tedy o odlišení uváděných časů nutkání od uváděných časů pohybu. Proměnná *order* je dichotomická proměnná s úrovněmi A a B označující pořadí, ve kterém jsou danému probandovi předkládány instrukce; úroveň A znamená pořadí W-M, úroveň B znamená pořadí M-W. Proměnná *session* je kontrolní polytomická kategoriální proměnná označující, o kolikáté sezení v daném experimentu se jedná; tuto proměnnou jsme použili pouze v případě Experimentu 1, protože pouze v něm jsme otestovali dostatečné množství probandů v každém sezení. Proměnná *proband* je kontrolní polytomická kategoriální proměnná, jejímž účelem je ve statistických analýzách zohlednit, že každých 80 uvedených hodnot je spojeno jedním probandem.

7.5 Hypotézy

Hypotézy jsou v tomto případě paralelami výzkumných otázek. První výzkumnou otázkou je, zda všeobecně existuje rozdíl mezi hodnotami W a M. Pro tuto otázku stanovujeme hypotézu H_1 .

H₁: Uváděné časy nutkání k pohybu jsou signifikantně nižší než uváděné časy pohybu.

K této hypotéze je třeba podotknout, že máme na mysli hlavní efekt proměnné *mode*, nikoli její interakci s některou z dalších proměnných.

Druhá výzkumná otázka zní, zda se od sebe liší hodnoty W, pokud jsou měřeny v první nebo druhé polovině sezení. Jinými slovy, sledujeme rozdíl v hodnotách W, pokud jsou získány v pořadí W-M (skupina A) nebo v pořadí M-W (skupina B). Na základě této definice problému formulujeme následující H_2 .

H₂: Existuje signifikantní interakce mezi typy sérií a jejich pořadím.

Toto je poměrně netradiční znění hypotézy. Mohlo by se zdát, že vhodnější cestou je hypotézu formulovat jako hypotézu o hlavním efektu proměnné *order*. To však není pravda, jelikož hlavní efekt proměnné *order* nám sděluje jen informaci o rozdílu průměrné odpovědi ze skupiny A nebo B, avšak nerozlišuje hodnoty W a M. To znamená, že výsledek by byl platný pro všechny uvedené hodnoty současně, což pochopitelně nemá smysluplný interpretační význam. Ověření interakce *mode* a *order* nám oproti tomu umožňuje sledovat vliv pořadí na hodnoty W a M zvlášť.

7.6 Statistická analýza

Obě naše hypotézy lze ověřit jediným statistickým postupem zvaným obvykle *multilevel models*²⁸. Jde o obdobu lineárních regresních modelů, která však poskytuje nástroj, jak pracovat s daty s hierarchickou strukturou nezávislých proměnných. Proměnné *proband* a *order* jsou totiž vzájemně v neobvyklém vztahu. Určitý počet probandů procházel podmínkami W a M v jednom pořadí a zbytek probandů v druhém. To znamená, že žádné dvě odpovědi z 80 pokusů, které mají společnou úroveň proměnné *proband*, nemají v datové matici dvě různé úrovně proměnné *order*. Běžný lineární regresní model na takovýchto datech nelze postavit, protože ten vyžaduje, aby mezi nezávislými proměnnými a závislou proměnnou neexistovala multikolinearita. Multilevel model tento problém řeší tím, že zohledňuje, že proměnná *proband* je „vnořená“ (*nested*) do proměnné *order*.

Pro multilevel modely je žádoucí normální rozdělení hodnot závislé proměnné (v našem případě jde o proměnnou *time_diff*). Jak se ukázalo, získané hodnoty odpovědí na Libetových hodinách ani v jednom případě normálnímu rozdělení neodpovídají. Zřetelnější je tato odlišnost v případě hodnot W, jejichž distribuce je silně levostranně zešikmená (tzn. směrem do záporných hodnot). Protože jsou však hodnoty W a M součástí stejné proměnné, projevuje se toto zešikmení v rámci celého datového souboru. Z tohoto důvodu jsme přistoupili k lineární transformaci proměnné *time_diff*.

Prvním naším krokem při transformaci dat bylo odstranit z datového souboru extrémní hodnoty. K tomu jsme využili 5% cut-off (tzn., odstranili jsme 2,5 % nejnižších a 2,5 % nejvyšších hodnot²⁹). Dalším krokem bylo posunout a převrátit hodnoty určitým směrem, abychom mohli provést logaritmickou transformaci. Protože nelze vypočítat dekadický logaritmus ze záporné hodnoty, bylo nutné posunout všechny hodnoty pod nulu (odečetli jsme konstantu 1000 ms) a otočit je do kladných hodnot (vynásobili jsme -1). Tímto jsme získali všechny hodnoty zbylé po „odseknutí“ v podobě kladného čísla dostatečně vysoko

²⁸ V této oblasti existuje mimořádně velká neshoda v terminologii. Přehled na Wikipedii (2016) poskytuje výčet alternativních názvů jako nested models, hierarchical linear models, mixed models aj.

²⁹ Tento krok jsme provedli proto, že náš software s Libetovými hodinami interpretuje hodnoty nižší než -1,28 s jako vysoké hodnoty předchozího oběhu a hodnoty vyšší než 1,28 s jako nízké hodnoty následujícího oběhu. Proto tyto extrémní hodnoty nejsou platné. Protože však nemůžeme určit, která data jsou v těchto extrémech oprávněně a která se do nich dostala vlivem chyby, odstraňujeme 2,5 % nejkrajnějších hodnot z obou stran.

nad nulou³⁰. Poté jsme na těchto datech provedli logaritmickou transformaci (tzn., vypočítali jsme z každé hodnoty dekadický logaritmus) a výslednou hodnotu opět vynásobili -1, abychom mohli další výsledky interpretovat ve správném směru a zobrazovat v odpovídajících grafech. Takto vzniklou proměnnou jsme nazvali Y.

Transformovaná data jsme vložili do multilevel modelu³¹. V případě experimentu 1 jsme brali v úvahu nezávislé proměnné *proband*, *mode*, *order* a *session*. Proměnná *proband* je vnořená do proměnné *session* (protože žádný proband se neúčastnil více než jednoho sezení) a také do proměnné *order* (protože žádný proband nemohl mít předloženy experimentální podmínky ve více než jednom pořadí). Proměnná *session* je vnořená do proměnné *order* (protože každé pořadí bylo prezentováno ve dvou sezeních). Proměnnou *proband* je navíc třeba označit jako náhodnou proměnnou (*random variable*), jelikož náš vzorek zahrnoval jen malé množství z celkového počtu osob, které existují (náhodná proměnná zohledňuje, že v dané analýze nejsou přítomny všechny její možné úrovně).³²

7.7 Výsledky

Nyní se budeme věnovat podobě a interpretaci výsledků. Protože pro každý ze dvou experimentů byl aplikován model s jinou strukturou nezávislých proměnných, budeme prezentovat jejich výsledky odděleně.

7.7.1 Výsledky Experimentu 1

Jak bylo řečeno, hodnoty W (nezávisle na hodnotě proměnné *order*) nevykazovaly normální rozdělení, nýbrž rozdělení zešikmené směrem do záporných hodnot (viz graf 1.1). Je důležité poznamenat, že X^2 test dobré shody v tomto případě není spolehlivým ukazatelem odlišnosti od normálního rozdělení, protože je vzhledem k rozsahu souboru příliš citlivý. Lepší metodou je v naší situaci průzkum rozložení prostým okem.

Jak ukazuje graf 1.2, toto neplatí pro hodnoty M, jejichž histogram sice naznačuje vysokou špičatost datového souboru, ale normální rozdělení do určité míry připomíná. Jak

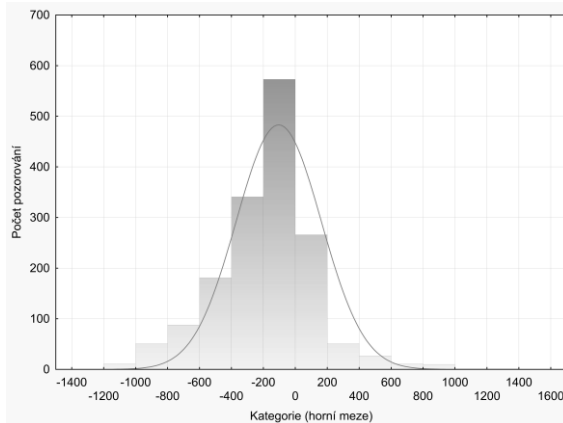
³⁰ Logaritmická funkce postupuje v okolí nuly velmi příkře, a proto je třeba, aby se původní hodnoty od nuly dostatečně vzdalovaly. V opačném případě by hrozilo, že získaná transformovaná data nebudou vykazovat požadované normální rozdělení.

³¹ Konkrétně jde o metodu VEPAC (Variance Estimation and Precision) v softwaru Statistica 12 CZ.

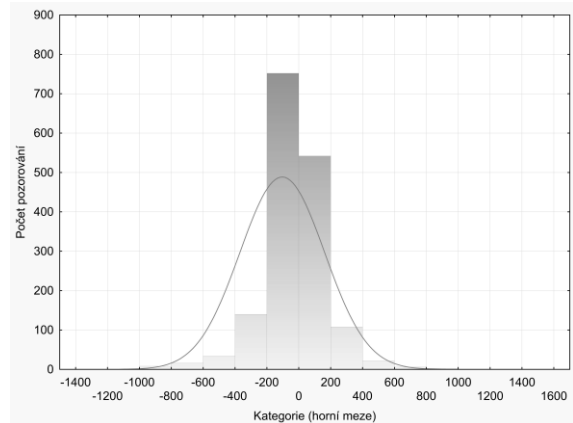
³² Dvě doplňující poznámky k nastavení analýzy: (1) jako metodu odhadu jsme na základě elektronické nápovědy v softwaru Statistica 12 CZ zvolili analýzu rozptylu (ANOVA) a (2) součet čtverců jsme ze stejného důvodu nastavili na typ III.

však již bylo uvedeno v předchozí kapitole, data je přesto třeba transformovat, protože hodnoty W a M tvoří dohromady jednu proměnnou, která je vlivem zešikmení hodnot W rovněž záporně zešikmená.

Graf 1.1



Graf 1.2

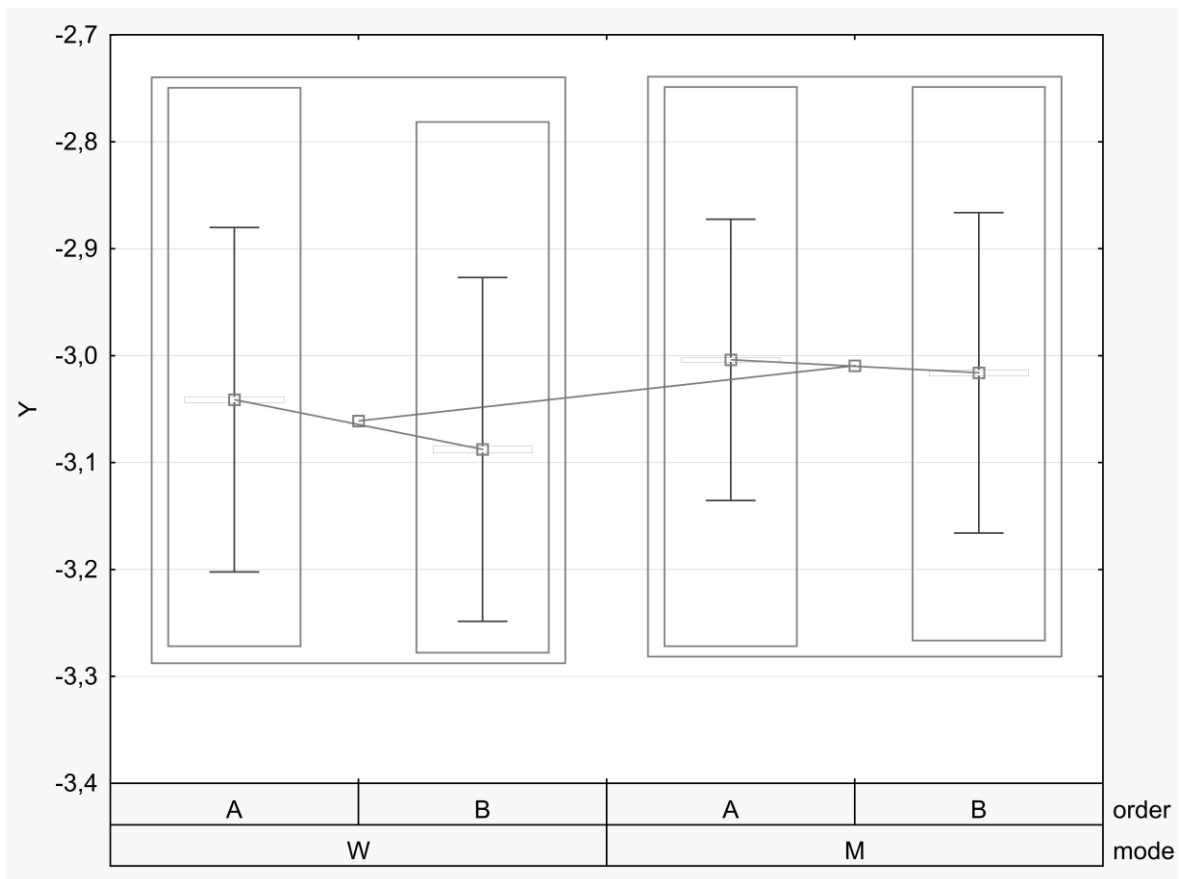


Graf 1: Histogram useknutých hodnot W (graf 1.1) a hodnot M (graf 1.2) získaných v Experimentu 1. Oba histogramy vykazují značnou špičatost; histogram hodnot W navíc vykazují výrazné levostranné zešikmení.

Multilevel model má pro své použití několik podmínek. Protože jde v podstatě o regresní model, platí podmínka, že rezidua by měla být normálně rozdělená a neměla by vykazovat heteroskedasticitu. Obě podmínky jsme splnili, jak jsme zjistili z grafů reziduálních analýz. Hypotéza H_1 předpokládá, že hodnoty W (resp. transformované hodnoty W) jsou signifikantně nižší, než hodnoty M (resp. transformované hodnoty M). Jinými slovy očekáváme, že existuje rozdíl v hodnotách spojených stejnou úrovní proměnné *mode*. Multilevel model ukázal, že hlavní efekt proměnné *mode* má velmi vysoce signifikantní vliv ($F=594,6$; $p<0,001^{33}$; viz tab. 4). To znamená, že probandi uvádějí signifikantně odlišné hodnoty, pokud mají uvádět nutkání k pohybu, než když mají uvádět dojem pohybu samotného. Naše hypotéza byla uvedena jednostranně, tudíž je významný také směr rozdílu. Jak ukazuje dlouhá spojnice mezi sloupci W a M v grafu 2, směr rozdílu je správný – průměrná odpověď v módu M je signifikantně vyšší než průměrná odpověď v módu W^{34} .

³³ Ačkoli veškeré p -hodnoty v našich analýzách jsou přesvědčivě nízké, je třeba mít na paměti, že jejich význam může být přeceněn vlivem vysokého počtu pozorování v datové matici.

³⁴ Z tohoto důvodu jsme prováděli dodatečné převrácení výsledných hodnot vynásobením -1 při transformaci. Kdybychom tento krok neudělali, graf 3 by byl vůči své interpretaci obrácený kolem vodorovné osy.



Graf 2: Graf rozptylu transformovaných hodnot získaných v Experimentu 1 rozdělených podle proměnných *mode* a *order*. Čtverce uprostřed každého obdélníku označují průměry, drobný obdélník uprostřed „box-and-whiskers“ grafu označuje 1 SD. Vertikální úsečky označují 2 SD. Velké obdélníky označují celkový rozsah skupiny. Spojnice mezi jednotlivými průměry označují porovnání. Jak vidíme, existuje rozdíl mezi sloupci W a M a také mezi sloupci A a B, což je zvláště patrné na datech měřených v módu W.

Hypotéza H₂ předpokládá vliv interakce mezi proměnnými *mode* a *order*. Tato interakce má rovněž velmi vysoce signifikantní vliv ($F=75,1$; $p<0,001$; viz tab. 4). Z toho vyplývá, že hodnoty W nebo hodnoty M (anebo obě) se mění s pořadím, ve kterém jsou prezentovány. Z grafu 2 (konkrétně ze spojníc mezi podmínkami A a B) je patrné, že transformované hodnoty W jsou mnohem vyšší, pokud je jejich instrukce prezentována jako první (podmínka A), než když je jejich instrukce prezentována jako druhá (podmínka B). Toto odpovídá našim očekáváním vzhledem k druhé výzkumné otázce.

Proměnná *session* nevykazuje signifikantní vliv, což znamená, že probandi nebyli významně ovlivněni tím, kterého sezení se zúčastnili. Rovněž hlavní efekt proměnné *order* není signifikantní; to je pochopitelné, protože hlavní efekt proměnné *order* nerozlišuje mezi hodnotami W a M. Jelikož u hodnot M neočekáváme významný posun vlivem pořadí,

odpovídá nesignifikance tohoto efektu našemu předpokladu. Proměnná *proband* vykazuje velmi vysoce signifikantní vliv ($F=32,9$; $p<0,001$). To znamená, že probandi se ve svých odpovědích vzájemně lišili. Signifikance tohoto efektu nijak nenarušuje naše interpretace ostatních výsledků. Proměnná *proband* je do modelu vložena proto, aby výpočet zohlednil, že data jsou získána od nižšího počtu probandů, než je počet pozorování.

Efekt	F/R	F	p	Signifikance
Intercept	Fixed	122879,3	0,000005	***
mode	Fixed	594,6	0,000000	***
order	Fixed	5,6	0,135400	-
mode*order	Fixed	75,1	0,000000	***
session(order)	Random	1,4	0,248191	-
proband(session*order)	Random	32,9	0,000000	***

Tabulka 4: Výsledková tabulka multilevel modelu pro Experiment 1. Sloupec Efekt jmenuje intercept a všechny efekty a interakce v modelu. Informace v závorce označuje proměnnou, do které je proměnná před závorkou vnořena. Sloupec F/R udává, zda je daná proměnná nebo interakce považována za fixní nebo náhodnou proměnnou. Hodnota F je testové kritérium analýzy rozptylu a hodnota p společně se sloupcem Signifikance udává statistickou významnost dané proměnné nebo interakce (s výjimkou prvního řádku, kde udává statistickou významnost rozdílu interceptu od nuly).

Dalo by se namítat, že multilevel model je složitá metoda, jejíž výsledky jsou obtížně uchopitelné (také vzhledem k tomu, že vstupní závislá proměnná je transformovaná z původní proměnné). Svá zjištění tedy můžeme ilustrovat i jinou metodou, která je sice srozumitelnější, ale statisticky méně vhodná, protože zanedbává požadavek nezávislosti jednotlivých měření. Relevantní rozdíly jsme v Experimentu 1 pilotně ověřili také jednoduchými Mann-Whitneyho U-testy na původní proměnné *time_diff*³⁵. Na základě těch jsme našli velmi vysoce signifikantní rozdíl mezi mediány hodnot W a M ($Me_W=-139$; $Me_M=-33$; $p<0,001$). Toto zjištění rovněž podporuje H_1 . Protože máme důvod předpokládat, že odpovědi W a M jsou ovlivněny pořadím, ve kterém jsou získávány, můžeme analýzu

³⁵ V tomto případě ještě bez „useknutí“ 5 % původních hodnot.

obohatit ještě o ověření rozdílu mezi hodnotami W a M, pouze pokud jsou první v sezení (tzn., nepředchází jim měření druhé modality). I tento rozdíl je velmi vysoce signifikantní ($Me_{WA} = -88$; $Me_{MB} = -39,5^{36}$; $p < 0,001$). Můžeme tedy konstatovat, že mezi hodnotami W a M existuje značný rozdíl, jehož význam není pouze artefaktem vzniklým složitým statistickým postupem.

Kromě toho jsme tímto intuitivnějším postupem našli také signifikantní rozdíl mezi hodnotami proměnné W, pokud byla měřena před nebo až po měření hodnot M ($Me_{WA} = -88$; $Me_{WB} = -192^{37}$; $p < 0,001$). To ukazuje, že hodnoty W jsou skutečně nižší, pokud jsou měřeny až po hodnotách M; stejně jako naznačuje výsledek multilevel modelu a jak předpokládá H_2 . I v tomto případě jsou naše předpoklady podloženy oběma postupy.

7.7.2 Výsledky experimentu 2

Výsledky získané v rámci Experimentu 1 naplnily očekávání formulovaná v obou hypotézách. Metodologie prvního experimentu však nebyla bezchybná, a proto je na místě ověřit, zda tyto první výsledky nejsou důsledkem nějakého nežádoucího systematického vlivu. Zdokonalený metodologický postup při provádění Experimentu 2 přispěl k mnohem vyšší míře naší kontroly nad experimentální situací. Proto pokud nalezneme podobně přesvědčivé výsledky i v případě Experimentu 2, pak můžeme úspěšně předpokládat, že nalezené vlivy jsou skutečnými jevy a nikoli artefakty vzniklými nedokonalou metodologií.

Stejně jako v případě předchozího experimentu, ani v tomto případě neodpovídá rozložení proměnné *time_diff* normalitě. Stejně jako u Experimentu 1 vykazuje proměnná W levostranné zešíkmení (viz graf 3.1), které je zřetelnější, než v případě proměnné M (viz graf 3.2). Protože je proměnná *time_diff* nenormálně rozdělená, přistoupili jsme k logaritmické transformaci stejně jako v případě dat z Experimentu 1.

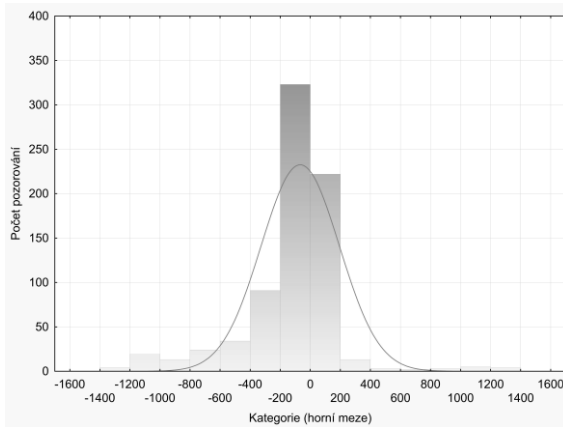
Nově vytvořená proměnná Y již vykazuje normální distribuci hodnot a proto je vhodná pro aplikaci multilevel modelu. Proměnná *session* v Experimentu 2 již není relevantní, protože veškerá měření byla získána ve dvou sezeních ve stejný den a tato sezení neměla

³⁶ Me_{WA} označuje hodnoty W ve skupině A, v níž byly hodnoty W měřeny jako první; Me_{MB} označuje hodnoty M ve skupině B, v níž byly jako první měřeny hodnoty M.

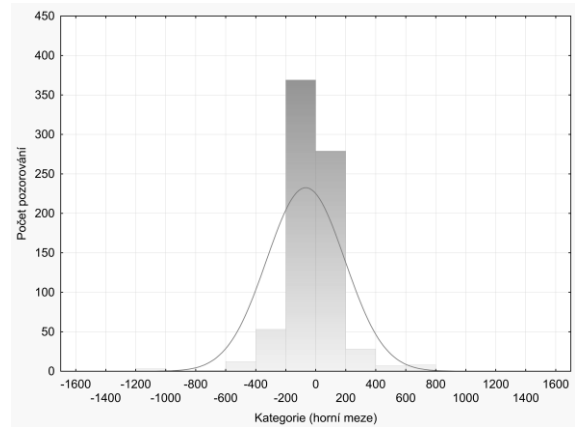
³⁷ Me_{WA} označuje medián hodnot W ve skupině A, v níž byly hodnoty W měřeny jako první; Me_{WB} označuje medián hodnot W ve skupině B, v níž byly hodnoty W měřeny až po hodnotách M.

konstantní pořadí měření. Pracujeme tedy pouze s proměnnými *mode*, *order* a *proband* (která je vnořená do proměnné *order*) a s interakcí proměnných *mode* a *order*.

Graf 3.1



Graf 3.2



Graf 3: Histogram useknutých hodnot *W* (graf 3.1) a hodnot *M* (graf 3.2) získaných v Experimentu 2. Zešíkmení hodnot *W* je v tomto případě ještě znatelnější než v Experimentu 1.

Hypotézu H_1 o rozdílu mezi hodnotami *W* a *M* jsme ověřili posouzením signifikance hlavního efektu proměnné *mode*. Výsledky ukazují, že hlavní efekt proměnné *mode* je velmi vysoce signifikantní ($F=102,3$; $p<0,001$; viz tab. 5). Směr rozdílu rovněž odpovídá očekávání, jak ukazuje spojnice mezi sloupci *W* a *M* v grafu 4 – průměrná transformovaná hodnota *M* je signifikantně vyšší než průměrná transformovaná hodnota *W*. Nulovou hypotézu k H_1 proto i v tomto případě zamítáme a považujeme její zamítnutí za oprávněné. Mezi hodnotami *W* a *M* skutečně existuje signifikantní rozdíl, který není závislý na pořadí instrukcí.

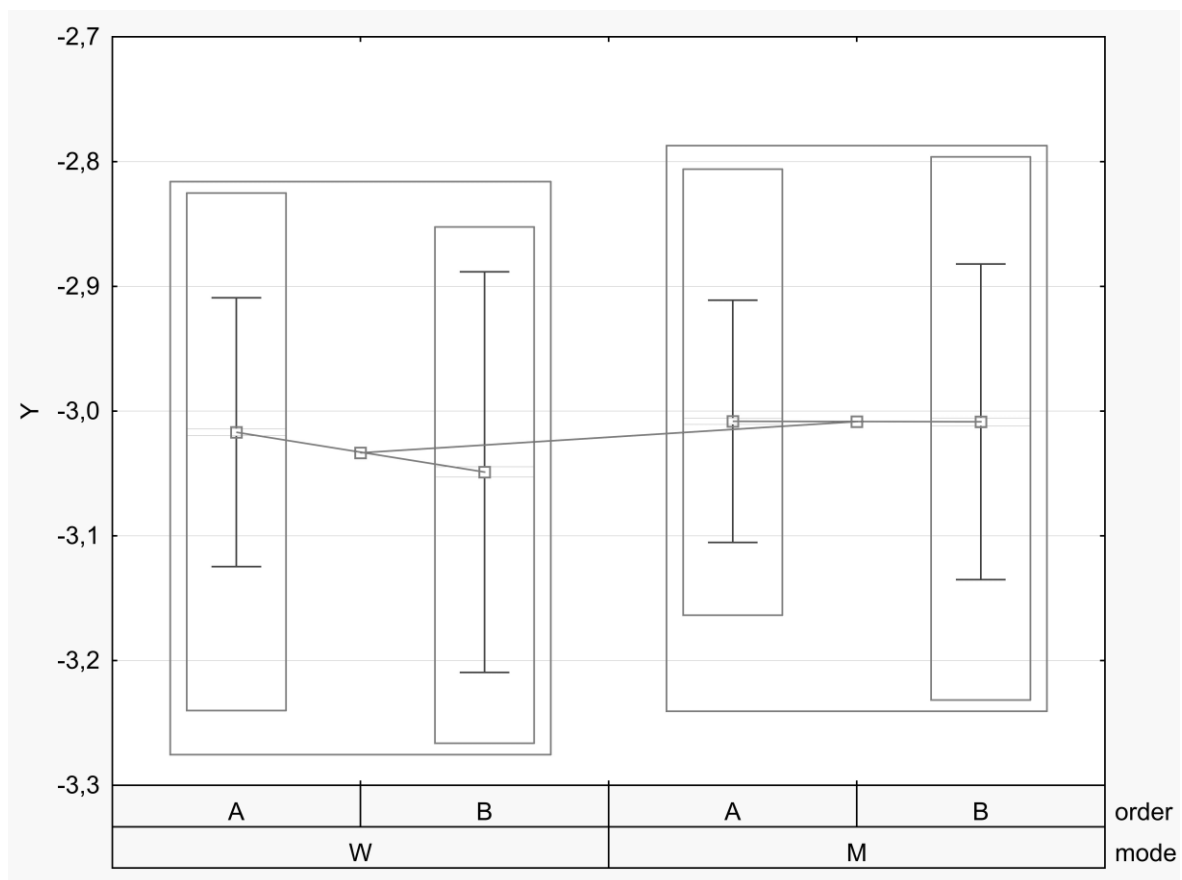
Efekt	F/R	F	p	Signifikance
Intercept	Fixed	129280,0	0,000000	***
mode	Fixed	102,3	0,000000	***
order	Fixed	1,2	0,289486	-
mode*order	Fixed	38,4	0,000000	***
proband(order)	Random	36,3	0,000000	***

Tabulka 5: Výsledková tabulka multilevel modelu pro Experiment 2. Pro význam sloupců viz tabulku 4.

Ověření hypotézy H_2 na datech v Experimentu 1 přineslo očekávané výsledky, tedy že hodnoty *W* jsou náchylné ke zkreslení vlivem pořadí, ve kterém je instrukce *W* prezentována probandovi. I v případě Experimentu 2 vykazuje interakce mezi proměnnou *mode* a *order*

velmi vysoce signifikantní význam ($F=38,4$; $p<0,001$; viz tab. 5). Na základě grafu 4 také můžeme konstatovat shodný směr efektu – transformované hodnoty W jsou nižší ve skupině B (kde jsou měřeny až po hodnotách M) než ve skupině A (kde jsou měřeny jako první). Tyto výsledky opět odpovídají našemu předpokladu.

Stejně jako v Experimentu 1 není hlavní efekt proměnné *order* signifikantní. Proměnná *proband* má velmi vysoce signifikantní vliv, tudíž jednotliví probandi se ve svých odpovědích statisticky významně lišili. Neparametrická analýza dat Mann-Whitneyho U -testy³⁸ podporuje H_1 i H_2 . Existuje velmi vysoce signifikantní rozdíl mezi hodnotami W a M ($Me_W=-54$; $Me_M=-18$; $p<0,001$) a také velmi vysoce signifikantní rozdíl mezi hodnotami W , pokud jsou měřeny před a po měření M ($Me_{W_A}=-32$; $Me_{W_B}=-78$; $p<0,001$).



Graf 4: Graf rozptylu transformovaných hodnot získaných v Experimentu 2 rozdělených podle proměnných *mode* a *order*. Pro vysvětlení komponent viz graf 2. Jak vidíme, existuje rozdíl mezi sloupci W a M . Rozdíl mezi pořadím A a B je znatelný spíše jen v případě hodnot W .

³⁸ Zde již po „useknutí“ 5 % krajních hodnot.

7.8 Diskuze

Obě naše hypotézy jsou podloženy velmi přesvědčivými výsledky, které se shodují v obou vzájemně nezávislých experimentech. Můžeme tedy s relativní jistotou prohlásit, že Libet správně předpokládal, že instrukce „uveďte čas pohybu“ přinese jiné výsledky než instrukce „uveďte čas prvního nutkání k pohybu“. Gomes (1998) však namítl, že tyto dva vjemy od sebe mohou být introspektivně neodlišitelné a probandi uvádějí na Libetových hodinách odlišné časy pouze proto, že se snaží vyhovět instrukci. Naším předpokladem bylo, že pokud se toto skutečně děje, pak bychom měli zaznamenat nižší („zápornější“) hodnoty W v sériích, které jsou provedeny až po sériích M. To proto, že série M v podstatě „kotví“ probanda na určitém čase, který považuje za okamžik pohybu, a na základě toho pak vyvozuje svůj odhad údajného nutkání. Jak se ukázalo, pokud jsou hodnoty W měřeny na začátku sezení, jejich hodnoty jsou vyšší, než ve druhém případě, kdy jsou tyto hodnoty „tlačeny“ vlivem předchozí zkušenosti s M do záporných hodnot.

Tato interpretace má jeden nedostatek – pokud by byly hodnoty W naměřené v rámci pořadí M-W ovlivněny kotvícím efektem měření M, pak bychom očekávali, že rozptyl hodnot W v těchto sériích bude menší než v pořadí W-M. Při pohledu na graf 4 však vidíme, že rozsah $\pm 1SD$ se mezi těmito skupinami hodnot W skutečně příliš neliší, ale rozsah $\pm 2SD$ je zřetelně větší v případě skupiny B (pořadí M-W). To našemu předpokladu zcela neodpovídá.

Zůstává však pravděpodobné, že hodnoty W jsou náchylné ke zkreslení vlivem organizace experimentu. To může mít dalekosáhlé důsledky. Libet předpokládal, že hodnoty W jsou přístupné introspektivnímu vnímání. Jak se však ukazuje, pokud skutečně jde o vnímání, je toto vnímání velmi zkreslené vlivy, které lze experimentálně kontrolovat. Můžeme dokonce spekulovat, že nejde o vnímání času nutkání, ale o zpětné usuzování na možný čas nutkání, který ve skutečnosti vůbec nemusí být přístupný introspekci. Podle našich závěrů máme důvod se domnívat, že proband čas W pouze hádá, přičemž konfrontace s uváděním hodnot M tyto odhady významně ovlivňuje.

Tato interpretace souhlasí s výstupy Bankse a Ishamové (2009), kteří našli další významnou proměnnou ovlivňující hodnoty W – matoucí zvukovou zpětnou vazbu. Naše podezření, že čas W je výsledkem usuzování a nikoli vnímání, se s názorem Bankse a Ishamové zcela shoduje.

Pokud jsou naše interpretace správné, pak je validita většiny Libetových výsledků týkajících se subjektivního nutkání k pohybu narušena. Jestliže nejsou hodnoty W skutečným ukazatelem prvního nutkání k pohybu, pak veškeré jejich porovnávání s evokovanými potenciály nebo korigování s pomocí měření s kožní stimulací postrádá smysl. Z tohoto důvodu vybízíme odborníky ke zvýšené ostražitosti při práci s Libetovými závěry.

Je třeba zmínit, že naše závěry o vlivu pořadí neodpovídají závěrům jiné studie (Caspar & Cleeremans, 2015), která se věnovala primárně souvislosti hodnot W a impulzivity. Autoři tohoto výzkumu použili přístup dvoucestné analýzy rozptylu ke zjištění efektů ekvivalentů našich proměnných *mode* a *order* včetně jejich interakce. Nepracovali však s individuálními odpověďmi všech probandů, nýbrž s jedním mediánem pro W a jedním mediánem pro M u každého probanda ($n=72$). Jejich výsledky konstatovaly signifikantní vliv proměnné *mode* (tedy existuje rozdíl mezi hodnotami W a M), ale nenalezli signifikantní efekt proměnné *order* ani interakce *mode* a *order*. Je možné, že tato nesignifikance je způsobena právě použitým statistickým přístupem, který je méně citlivý, jelikož nezohledňuje intraindividuální variabilitu odpovědí každého probanda. Tomu nasvědčuje i fakt, že testové kritérium F je v našich výsledcích v obou experimentech mnohem vyšší u hlavního efektu proměnné *mode* než u hlavního efektu proměnné *order* nebo její interakce s *mode*.

V této diskuzi zbývá vysvětlit jeden zajímavý problém. Námi zjištěné mediány hodnot W (v Experimentu 1 $M_{ew}=-139$ ms; v Experimentu 2 $M_{ew}=-54$ ms) jsou značně odlišné od průměrných hodnot W , které ve svých měřeních zjistil Libet (průměrná hodnota W byla -204 ms; Libet et al, 1983). Je pochopitelné, že nelze porovnávat medián a průměr, ale lze na základě histogramu dat rozhodnout, který z těchto ukazatelů je lepší mírou centrální tendence. Jak se ukázalo na základě našich grafů 1.1 a 3.1, hodnoty W jsou zřetelně levostranně zešíkmené. Ačkoli neznáme podobu odpovídajících histogramů v Libetově případě, můžeme oprávněně tvrdit, že používat pro interpretace hodnot W průměr je riskantní. Protože Libet pracoval s průměrným W (viz Libet et al., 1983), je vysoce pravděpodobné, že vlivem zešíkmení je jeho hodnota W zkreslena velkým množstvím nízkých (tzn. „zápornějších“) hodnot. To by znamenalo, že hodnota W je ve skutečnosti vyšší, tudíž bližší hodnotě M , přesně jak to navrhl Gomes (1998) a jak naznačují naše výsledky.

7.9 Limity

Nejvýznamnějším limitem naší studie je metodologicky nedostatečný rozsah vzorku. Pro ověření statistických souvislostí je vzorek více než dostatečný, avšak nemůžeme s jistotou tvrdit, že naše závěry jsou platné pro jiné osoby než osoby zařazené v našem výzkumu. Proto by mohlo být zapotřebí výzkum zopakovat na jiné a větší skupině osob (což nemusí být technicky náročné, vzhledem k tomu, že veškeré potřebné vybavení jsou stolní počítače s připojením k internetu a počítačová myš).

Dalším limitem je nedokonalý metodologický postup v Experimentu 1, který způsobil, že byla do určité míry znehodnocena jinak cenná data. Přínosným výstupem z tohoto experimentu však bylo, že jsme tyto nedostatky zjistily a v dalším experimentu napravili.

Významným omezením je také použitá statistická metoda multilevel modelů. Ačkoli jde o všeobecně velmi účinný nástroj, má řadu požadavků na vlastnosti vstupních dat. Proto jsme museli data podrobit transformaci, což komplikuje interpretaci závěrů (ačkoli vztah mezi původními daty a jejich transformovanými variantami je velmi jasně definovaný). Rovněž je třeba zmínit, že multilevel model se výrazně mění s obměnami nezávislých proměnných v něm. Námi sledovaná interakce proměnných *mode* a *order* přestala být signifikantní, pokud jsme do modelu zahrnuli interakci *mode* a *proband*. Považujeme to sice za artefakt složité struktury dat a příliš citlivých analýz vlivem velkého množství pozorování, avšak doporučujeme v dalších výzkumech ověřit, zda nelze vliv interakce *mode* a *order* vysvětlit jiným způsobem, než který jsme nabídli v této práci.

Závěr

Libetův experiment je významný fenomén neurověd 20. století a zdá se, že ani v 21. století na významu neztrácí. Tato práce má tři hlavní oblasti zájmu. První je Libetův experiment z 80. let samotný – jeho historie a metodologie, ale také četné kritiky nebo reinterpretace ze strany odborníků, kteří se účastní dodnes velmi plodné akademické diskuze. Druhou oblastí zájmu této práce je revize Libetova experimentu probíhající na Katedře psychologie FF UP. Tento ambiciózní projekt si klade za cíl zopakovat Libetův experiment s tak malým množstvím změn, jak jen je technicky a metodologicky možné. V této práci jsme popsali dosavadní průběh jeho první poloviny. Třetí, stěžejní, oblastí našeho zájmu je experimentální ověření Libetova předpokladu, že subjektivní okamžik nutkání k pohybu je výsledkem introspektivního vnímání. Jak ukazují naše závěry, tento subjektivně uváděný čas se sice liší od subjektivního času zahájení pohybu samotného, ale je silně ovlivněn experimentálním uspořádáním. Je tedy možné, že veličina W není přístupná introspektivnímu vnímání, jak předpokládal Libet nebo někteří jeho následovníci, ale spíše je výsledkem usuzování, které je náchylné ke zkreslení.

Souhrn

Tato diplomová práce se dělí na teoretickou a empirickou část. Teoretická část práce se zabývá detailním rozpracováním Libetových experimentů z 80. let, které se zabývaly vztahem subjektivních dojmů při provádění volního pohybu a doprovázející mozkové aktivity v podobě evokovaných potenciálů typu RP. Kromě vysvětlení a interpretace původního experimentu se text věnuje představení některých kritiků nebo komentátorů experimentu, stejně jako zasazení původního výzkumu do širšího kontextu.

Libetův experiment v 80. letech navázal na předchozí Libetovy výzkumy, které našly značné zpoždění vzniku vědomého vjemu. Na tomto zjištění Libet a jeho tým (Libet, Wright, & Gleason, 1982; Libet et al., 1983; Libet, 1985) postavili experiment, který sledoval, zda podobné zpoždění vědomého dojmu lze vysledovat i v případě volního pohybu. Na základě souběžného sběru psychofyzilogických měření EEG a EMG a zjišťování subjektivních časů W (první nutkání k pohybu) a M (vnímaný začátek pohybu svalů) došli k závěru, že čas W se objevuje relativně pozdě ve srovnání s počátkem charakteristických křivek evokovaných potenciálů typu RP (readiness-potential). Z těchto závěrů by se mohlo zdát, že vědomé „přání“ provést pohyb nemůže hrát kauzální roli při iniciaci pohybu, protože první vědomý fenomén (W) související s pohybem se objevuje až po nevědomé mozkové aktivaci. Libet (1985) však nabídl možnost, že během cca 150 ms po W má člověk čas plánovanému pohybu zabránit, vědomě jej „vetovat“. Tento koncept veta se stal Libetovou definicí svobodné vůle.

Libetův experiment má řadu kritiků a komentátorů. Dennett a Kinsbourne (1992) namítli, že Libet pracuje s modelem psychického dění, který pravděpodobně není správný; ve skutečnosti podle nich nelze mentální události vkládat na jedinou časovou osu. Gomes (1998) poskytl důležité kritické poznámky k Libetově metodologii – časy W a M jsou podle něj konstrukty, které od sebe ve skutečnosti nemusí být odlišitelné, a probandí v Libetově experimentu mohli tvrdit, že je rozlišují, pouze proto, že se to od nich očekává. Gomes dále kritizuje vliv zácvičku, který Libet prováděl, a také fakt, že Libet zacházel s introspektivními dojmy, jako by měly stejnou latenci jako taktilní vjemy. Haggard a Eimer (1999) a Trevena a Miller (2002) na základě svých modifikací Libetova experimentu došli k závěru, že RP nemusí být ideálním ukazatelem přípravné mozkové aktivity. Tuto roli by mohly převzít

lateralizované RP (LRP), které podle Haggardových a Eimerových výsledků lépe kovariují s časy W. Schurger, Sitt a Dehaene (2012) reinterpretovali Libetovy závěry na základě svých zjištění, že křivky RP vzniklé po zprůměrování více pokusů mohou být jen odrazem spontánních neurálních fluktuací. Jejich důmyslný experimentální design nazvaný Libetus interruptus ukázal, že určitý tvar připomínající evokovaný potenciál lze zaznamenat i v případech, kdy probandí neprovádějí pohyb spontánně, ale v reakci na zaznění tónu (resp. v jedné třetině nejrychlejších odpovědí, což jsou situace, kdy je hladina spontánní aktivity nejvyšší). Soon a jeho kolegové (2008) provedli Libetův experiment za použití moderní funkční magnetické rezonance (fMRI). Dospěli k bližší identifikaci mozkových oblastí spojených s volní aktivitou, ale také zjistili, že výsledný pohyb je ovlivněn nevědomou aktivitou probíhající nikoli 0,5 s před pohybem jako v Libetově případě, ale celých 7 s. Brass a Haggard (2007) našli možné neurální koreláty vědomého veta. Další výzkumy ukazují souvislosti výsledků Libetova experimentu se schizofrenií (Pirio Richardson et al., 2006, in Caspar & Cleeremans, 2015), s Tourettovým syndromem (Moretto et al., 2011), psychogenním tremorem (Edwards et al., 2011) nebo vysokou mírou impulzivity (Caspar & Cleeremans, 2015).

Na závěr teoretické části práce jsme poskytli úvod do hlavních filozofických přístupů ke svobodné vůli (konkrétně tvrdého a měkkého determinismu, libertarianismu a kompatibilismu). Libetovy závěry nebo na nich postavená přesvědčení o svobodné vůli (Libet, 1999) však nelze jednoznačně zařadit do žádného z těchto filozofických přístupů, protože Libet většinu svých tvrzení opíral o empirická data a nikoli o teorie.

Empirická část práce se zabývá dvěma oblastmi. První je probíhající revize Libetova experimentu na Katedře psychologie FF UP. Této revize se účastní šestičlenný výzkumný tým ve složení: Martin Zielina, Jan Šmahaj, Daniel Dostál, Roman Procházka, Zuzana Sedláčková a Tomáš Dominik. Cílem revize je uskutečnit výzkum, který co nejpřesněji kopíruje Libetovu metodologii, a přinést odborné veřejnosti bližší informace o získaných výsledcích. Plánovaný výzkumný soubor je tvořen osmi studenty psychologie, z nichž čtyři již testováním prošli. Výzkum je prováděn v psychofyziologické laboratoři na Katedře psychologie FF UP s pomocí laboratorního vybavení BIOPAC a vlastního softwaru s Libetovými hodinami. Z technických důvodů muselo být provedeno několik opatření, vlivem kterých se naše varianta provedení experimentu liší od původní Libetovy metodologie. Významnými změnami jsou následující body: (1) kožní stimulátor je v našem

případě taktilní a nikoli elektrický, (2) měříme EEG ve standardních lokalizacích C₃ a C₄ namísto nestandardních C_c a C_i, (3) za pohyb považujeme stisknutí tlačítka myši a nikoli flexi zápěstí nebo prstů, (4) nesdělujeme probandům informaci o jejich přesnosti v S sériích (tzn. sériích s kožní stimulací), (5) provádíme pouze jedno zácvičné sezení namísto dvou, (6) neprovádíme trénink 25 pokusy v módu S (kožní stimulace) na začátku každého sezení a (7) provádíme upravenou rotaci experimentálních podmínek, abychom kompenzovali Libetovu metodologickou chybu. Získaná data budou statisticky zpracována a přehledně znázorněna v grafech průběhů RP. Cílem publikace je detailně popsat naši metodologii a společně s interpretacemi dát odborné veřejnosti také naše výsledky v původní podobě.

Hlavním výzkumným cílem této diplomové práce je ověřit platnost introspektivních výpovědí (W a M) získaných v experimentu Libetova typu. Gomes (1998) a Haggard a Eimer (1999) naznačili, že hodnoty W a M nemusí být od sebe zcela odlišitelné. Libetovy výsledky však ukazují značný rozdíl mezi těmito dvěma hodnotami. Jako možné vysvětlení se nabízí, že probandi čas W nevnímají, nýbrž na něj pouze usuzují, přičemž při tomto usuzování dochází ke zkreslení. Výzkumy ukázaly, že čas W je ovlivnitelný zpožděním zpětné vazby, kterou proband po provedení pohybu dostává (Banks & Isham, 2009). Naším předpokladem je, že dalším ovlivňujícím efektem může být pořadí experimentálních podmínek ve studii Libetova typu. Jeden z nedávných výzkumů, který tento efekt kontroloval, nenašel pro vliv pořadí podmínek v experimentu statistické důkazy (Caspar & Cleeremans, 2015); podle našeho názoru je však možné, že při aplikaci detailnějšího statistického postupu je vliv pořadí podmínek na hodnoty W prokazatelný.

Experiment navržený zvláště pro tento výzkumný problém jsme provedli se dvěma na sobě nezávislými skupinami studentů FF UP. Provedli jsme tak v podstatě dva experimenty, přičemž účelem Experimentu 2 bylo především kompenzovat metodologické nedostatky, které se vyskytly v Experimentu 1. V obou experimentech probandi procházeli experimentálním sezením skládajícím se ze 40 pokusů měřících subjektivní čas prvního nutkání k pohybu (W) a 40 pokusů měřících subjektivní čas začátku pohybu (M). Probandi byli rozděleni na dvě skupiny, z nichž jedna (skupina A) procházela podmínkami v pořadí W-M a druhá (skupina B) procházela podmínkami v pořadí M-W.

Naše první hypotéza předpokládá, že existuje signifikantní rozdíl mezi hodnotami W a M (abychom ověřili, že naše výsledky odpovídají výsledkům v původním Libetově experimentu). Druhá hypotéza předpokládá, že existuje signifikantní vliv interakce

podmínek a jejich pořadí na uváděné subjektivní časy (s tím, že nás zajímá především vliv na hodnoty W). Pro statistickou analýzu jsme zvolili přístup multilevel modelů, které se na naše získaná data hodí nejlépe vzhledem k hierarchické struktuře některých nezávislých proměnných. Výsledky podpořili obě hypotézy na hladině $\alpha=0,001$, a to v případě obou experimentů. Výsledky tedy ukazují, že ačkoli se subjektivně uváděný čas prvního nutkání k pohybu liší od subjektivního času zahájení pohybu samotného, je silně ovlivněn experimentálním uspořádáním. Je tedy možné, že veličina W není přístupná introspektivnímu vnímání, ale spíše je výsledkem usuzování, které je náchylné ke zkreslení.

Kromě tohoto závěru jsme také shledali, že naměřené hodnoty W (a pravděpodobně ani hodnoty M) nejsou normálně rozděleny. To vrhá stín pochybnosti na Libetovo užívání průměrného času W v jeho interpretacích. Je pravděpodobné, že vlivem zešíkmení hodnot je průměr W významně posunut směrem do záporných hodnot; lepším ukazatelem je v případě takovéto distribuce dat medián hodnot W , kterých je znatelně vyšší než jejich průměr. Toto rovněž naznačuje, že časy W a M jsou si na časové ose blíže, a podporuje myšlenku, že jde ve skutečnosti o jeden a tentýž introspektivní dojem.

Ve světle těchto zjištění vyzýváme k opatrnosti při práci s Libetovými výsledky a interpretacemi. Své poznatky zohledníme při analýze získaných dat z revize Libetova experimentu.

Citovaná literatura

- Atkinson, R. L., Atkinson, R. C., Smith, E. E., Bem, D. J., & Nolen-Hoeksema, S. (2003). *Psychologie*. Praha: Portál.
- Augustinus, A. (2000). *O milosti a svobodném rozhodování: Odpověď Simplicianovi*. Praha: Krystal OP.
- Baer, J. (2008). Free Will Requires Determinism. In J. Baer, J. C. Kaufman, & R. F. Baumeister, *Are We Free? Psychology and Free Will* (stránky 304-310). New York, NY: Oxford University Press.
- Baer, J., Kaufman, J. C., & Baumeister, R. F. (2008). *Are We Free? Psychology and Free Will*. New York, NY: Oxford University Press.
- Bandol, R. (2012). Voluntas as Liberum Arbitrium at Saint Augustine And Three Meanings of the Servum Arbitrium at Martin Luther. *Philobiblon*, 17(2), 402-420.
- Banks, W. P., & Isham, E. A. (2009). We infer rather than perceive the moment we decided to act. *Psychological Science*, 4, 387-391.
- Bareš, M. (2011). Kognitivní evokované potenciály. *Česká a slovenská neurologie a neurochirurgie*, 74/107(5), 508-517.
- Brass, M., & Haggard, P. (2007). To do or not to do. The neural signature of self-control. *The Journal of Neuroscience*, 27(34), 9141–9145.
- Cary, P. (2007). A Brief History of the Concept of Free Will: Issues That Are and Are Not Germane to Legal Reasoning. *Behavioral Sciences & the Law*, 25, 165-181.
- Caspar, E. A., & Cleeremans, A. (2015). “Free will”: are we all equal? A dynamical perspective of the conscious intention to move. *Neuroscience of Consciousness*, 1-10. doi:10.1093/nc/niv009
- Clarke, P. G. (2010). Determinism, Brain Function and Free Will. *Science & Christian Belief*, 22(2), 133-149.

- Danquah, A. N., Farrell, M. J., & O'Boyle, D. J. (2008). Biases in the subjective timing of perceptual events: Libet et al. (1983) revisited. *Consciousness and Cognition*, *17*, 616-627.
- Dennett, D. C. (1984). *Elbow room : the varieties of free will worth wanting*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Dennett, D. C. (2008). Some Observations on the Psychology of Thinking About Free Will. In J. Baer, J. C. Kaufman, & R. F. Baumeister, *Are We Free? Psychology and Free Will* (stránky 248-259). New York, NY: Oxford University Press.
- Dennett, D. C., & Kinsbourne, M. (1992). Time and the Observer: the Where and When of Consciousness in the Brain. *Behavioral and Brain Sciences*, *15*(2), 183-247.
- Edwards, M. J., Moretto, G., Schwingenschuh, P., Katschnig, P., Bhatia, K. P., & Haggard, P. (2011). Abnormal sense of intention preceding voluntary movement in patients with psychogenic tremor. *Neuropsychologia*, *49*, 2971-2973.
- Forster, B. B., MacKay, A. L., Whittall, K. P., Kiehl, K. A., Smith, A. M., Hare, R. D., & Liddle, P. F. (1998). Functional magnetic resonance imaging: the basics of blood-oxygen-level dependent (BOLD) imaging. *Canadian Association of Radiologists Journal*, *49*(5), 320-329.
- Gomes, G. (1998). The Timing of Conscious Experience: A Critical Review and Reinterpretation of Libet's Research. *Consciousness and Cognition*, *7*, 559-595.
- Gomes, G. (2002). Problems in the Timing of Conscious Experience. *Consciousness and Cognition*, *7*, 191-197.
- Haggard, P., & Eimer, M. (1999). On the relation between brain potentials and the awareness of voluntary movements. *Experimental Brain Research*, *126*, 128-133.
- Haggard, P., & Libet, B. (2001). Conscious Intention and Brain Activity. *Journal of Consciousness Studies*, *8*(11), 47-63.
- Kornhuber, H. H., & Deecke, L. (1965). Hirnpotentialänderungen bei Willkürbewegungen und passiven Bewegungen des Menschen: Bereitschaftspotential und reafferente Potentiale. *Pflügers Archiv*, *284*, 1-17.

- Libet, B. (1985). Unconscious cerebral initiative and the role of conscious will in voluntary action. *The Behavioral and Brain Sciences*, 8, 529-566.
- Libet, B. (1999). Do We Have Free Will? *Journal of Consciousness Studies*, 6(8-9), 47-57.
- Libet, B. (2004). *Mind Time*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Libet, B., Alberts, W. W., Wright, E. W., & Feinstein, B. (1967). Responses of Human Somatosensory Cortex to Stimuli below Threshold for Conscious Sensation. *Science*, 158, 1597-1600.
- Libet, B., Alberts, W. W., Wright, E. W., Delattre, L. D., Levin, G., & Feinstein, B. (1964). Production of threshold levels of conscious sensation by electrical stimulation of human somatosensory cortex. *Journal of Neurophysiology*, 27, 546-578.
- Libet, B., Gleason, C. A., Wright, E. W., & Pearl, D. K. (1983). Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activities (readiness-potential); the unconscious initiation of a freely voluntary act. *Brain*, 106, 623-642.
- Libet, B., Wright, E. W., & Gleason, C. A. (1982). Readiness-potentials preceding unrestricted 'spontaneous' vs. pre-planned voluntary acts. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 54, 322-335.
- Mele, A. R. (2008). Psychology and Free Will: A Commentary. In J. Baer, J. C. Kaufman, & R. F. Baumeister, *Are We Free? Psychology and Free Will* (stránky 325-346). New York, NY: Oxford University Press.
- Meyer, J. R. (2011). Is Free Will an Illusion? *Ethics & Medicine*, 27(2), 85-97.
- Moretto, G., Schwingenschuh, P., Katschnig, P., Bhatia, K. P., & Haggard, P. (2011). Delayed experience of volition in Gilles de la Tourette syndrome. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 82, 1324-1327. doi:10.1136/jnnp.2010.221143
- Nichols, S. (2008). How Can Psychology Contribute to the Free Will Debate? In J. Baer, J. C. Kaufman, & R. F. Baumeister, *Are We Free? Psychology and Free Will* (stránky 10-31). New York: Oxford University Press.
- Popper, K. R. (2005). *The Logic of Scientific Discovery*. London: Taylor & Francis e-Library.

- Rotterdamský, E. (2006). *O svobodné vůli*. Praha: OIKOYMENH.
- Shariff, A. F., Schooler, J., & Vohs, K. D. (2008). The Hazards of Claiming to Have Solved the Hard Problem of Free Will. In J. Baer, J. C. Kaufman, & R. F. Baumeister, *Are We Free? Psychology and Free Will* (stránky 181-204). New York, NY: Oxford University Press.
- Schott, G. D. (1993). Penfield's homunculus: a note on cerebral cartography. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, *56*, 329-333.
- Schurger, A., Sitt, J. D., & Dehaene, S. (2012). An accumulator model for spontaneous neural activity prior to self-initiated movement. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *109*(42), E2904–E2913.
- Soon, C. S., Brass, M., Heinze, H.-J., & Haynes, J.-D. (2008). Unconscious determinants of free decisions in the human brain. *Nature Science*, *11*(5), 543-545.
- Stanford University. (25. února 2015). *Compatibilism*. Získáno 16. března 2016, z The Stanford Encyclopedia of Philosophy: <http://plato.stanford.edu/entries/compatibilism/>
- Trevena, J. A., & Miller, J. (2002). Cortical Movement Preparation before and after a Conscious Decision to Move. *Consciousness and Cognition*, *11*, 162-190.
- Univerzita Klagenfurt. (2003). *Cognitive Psychology Unit (CPU) - University of Klagenfurt*. Získáno 15. září 2015, z webu University of Klagenfurt: <http://cognition.uni-klu.ac.at/index.php?page=np2003&lang=english>
- van Inwagen, P. (2008). How to Think about the Problem of Free Will. *Journal of Ethics*(12), 327-341.
- Walter, W. G., Cooper, R., Aldridge, V. J., McCallum, W. C., & Winter, A. L. (1964). Contingent Negative Variation : An Electric Sign of Sensori-Motor Association and Expectancy in the Human Brain. *Nature*, *203*, 380-384.
- Wikipedia. (28. ledna 2016). *Multilevel model*. Získáno 8. března 2016, z Wikipedia, the free encyclopedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Multilevel_model

Abstrakt

Název práce: Experimentální ověření validity introspektivní složky výzkumů Benjamina Libeta

Autor práce: Bc. Tomáš Dominik

Vedoucí práce: Mgr. et Mgr. Martin Zielina, Ph.D.

Počet stran a znaků: 76 stran, 150 675 znaků

Počet příloh: 3

Počet titulů použité literatury: 45

Abstrakt:

Libetův experiment je významným milníkem neurověd 20. století. Jeho závěry ukázaly, že nevědomá mozková aktivita výrazně předchází vědomému nutkání k pohybu. Experiment však zahrnuje řadu sporných bodů, které jsou předmětem akademických diskuzí v posledních více než 30 letech. Na Katedře psychologie FF UP vznikl výzkumný tým pro revizi Libetova experimentu. Jeho hlavním cílem je experiment zopakovat a podrobně prozkoumat jeho metodologii a výsledky. První fáze tohoto projektu je téměř dokončena. Druhým cílem projektu a hlavním předmětem této diplomové práce je ověřit platnost konstruktů „vědomého nutkání k pohybu“. Dva provedené experimenty nezávisle na sobě prokázaly, že existuje rozdíl mezi subjektivně uváděným časem nutkání a subjektivně uváděným časem pohybu samotného, avšak subjektivně uváděný čas nutkání je ovlivněn pořadím, ve kterém jsou tyto proměnné měřeny. Toto zjištění zpochybňuje, že existuje introspektivní vjem nutkání provést pohyb. Předpokládáme, že jde spíše o úsudek nebo odhad.

Klíčová slova: Libetův experiment, svobodná vůle, introspekce, čas W

Abstract

Title: The experimental verification of validity of the introspective element in Benjamin Libet's research

Author: Bc. Tomáš Dominik

Supervisor: Mgr. et Mgr. Martin Zielina, Ph.D.

Number of pages and characters: 76 pages, 150 675 characters

Number of appendices: 3

Number of references: 45

Abstract:

Libet's experiment is a significant milestone of neurosciences of 20th century. Its conclusions suggested that unconscious cerebral activity markedly precedes conscious urge to move. The experiment, however, entails a number of disputable elements which are the subject of academic debates in more than the last 30 years. A research team dedicated to revise the Libet's experiment has emerged within the Department of Psychology at Palacky University Olomouc. Its main aim is to carry out the experiment again and explore its methodology and results in detail. The first phase of the project is currently approaching its completion. Another aim of the project and the main scope of the thesis at hand is to verify the validity of the construct of "conscious urge to move". Two experiments conducted independently arrived to the same conclusion that there is a difference between the subjective time of urge and the subjective time of movement itself, but the subjective time of urge is influenced by the order in which the two variables are measured. These findings cast doubt on the assumption that there is some kind of introspective percept of urge. We assume that this is rather a judgement or a guess.

Keywords: Libet's experiment, free will, introspection, time W

Přílohy

Příloha 1: Zadání diplomové práce

Univerzita Palackého v Olomouci
Filozofická fakulta
Akademický rok: 2014/2015

Studijní program: Psychologie
Forma: Prezenční
Obor/komb.: Psychologie (PCHN)

Podklad pro zadání DIPLOMOVÉ práce studenta

PŘEDKLÁDÁ:	ADRESA	OSOBNÍ ČÍSLO
Bc. DOMINIK Tomáš	Akátová 458/1, Havířov - Šumbark	F140331

TÉMA ČESKY:

Experimentální ověření validity introspektivní složky výzkumů Benjamina Libeta

NÁZEV ANGLICKY:

The experimental verification of validity of the introspective element in Benjamin Libet's research

VEDOUČÍ PRÁCE:

Mgr. Martin Zielina - PCH

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Student analyzuje průběh Libetových výzkumů operujících s elementem introspekce s cílem nalézt slabá místa metodologie originálního výzkumu. Následně se pokusí experiment přemodelovat s cílem vyhnout se nalezeným slabším. Navržený experiment bude kriticky zvážen v rámci výzkumného týmu a případně pilotně proveden za pomoci dostupné techniky na praktickém pracovišti Katedry psychologie Univerzity Palackého v Olomouci. Cílem výzkumu je pokusit se nalézt funkční alternativní metodu měření počátku introspektivního dojmu ve vědomí.

SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY:

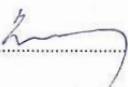
- Dennett, D. C., & Kinsbourne, M. (1992). Time and the Observer: the Where and When of Consciousness in the Brain. *Behavioral and Brain Sciences*, 15(2), 183-247.
- Gomes, G. (1998). The Timing of Conscious Experience: A Critical Review and Reinterpretation of Libet's Research. *Consciousness and Cognition*, 7, 559-595.
- Libet, B. (1985). Unconscious cerebral initiative and the role of conscious will in voluntary action. *Behavioral and Brain Sciences*, 8, 529-539.
- Libet, B. (1999). Do We Have Free Will? *Journal of Consciousness Studies*, 6 (8-9), 47-57.
- Libet, B. (2004). *Mind Time*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Libet, B., Gleason, C. A., Wright, E. W., & Pearl, D. K. (1983). Time of Conscious Intention to Act in Relation to Onset of Cerebral Activity (Readiness-Potential) - The Unconscious Initiation of a Freely Voluntary Act. *Brain*, 106, 623-642.
- Ostrowick, J. M. (2007). The Timing Experiments of Libet and Grey Walter. *S. Afr. J. Philos.*, 26(3), 9-26.
- Soon, C. S., Brass, M., Heinze, H.-J., & Haynes, J.-D. (2008). Unconscious determinants of free decisions in the human brain. *Nature Science*, 11(5), 543-545.

Podpis studenta:

.....

Datum: 26. 11. 2014

Podpis vedoucího práce:

.....

Datum: 26. 11. 14

Příloha 2: Příklad pracovního kontrolního seznamu

(„*checklistu*“)

Viz další čtyři strany. V hranatých závorkách jsou uvedeny jen orientační informace, které byly ve skutečném dokumentu konkrétní; tyto informace neuvádíme, abychom chránili identitu probanda a webovou adresu našich online nástrojů.

Protokol ze sezení č. 5

Jméno probanda: [jméno a příjmení]

Jména přítomných experimentátorů: _____

Datum: _____

Čas: ____:____ - ____:____

Scénář: W(A) – M(A) – S(A)

Poznámky:

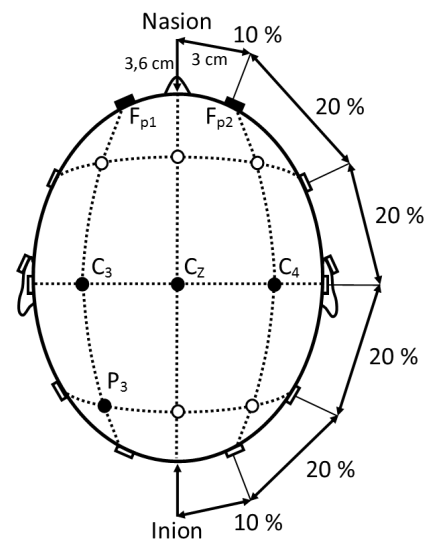
Checklist pro sezení č. 5

Při příchodu do laboratoře:

- rozsvítit světlo (hned na začátku, ať se zahřeje zářivka)
- zapnout 3 zásuvky
- usadit probanda na kovovou židli k PC_hodinám (značky jsou na zemi; vzdálenost očí od středu ciferníku by měla odpovídat šestnáctinásobku průměru ciferníku)
- sejmout probandovi veškeré šperky
- vypojit telefon
- vypnout své telefony a telefon probanda
- dát nabíjet notebook
- připojit k notebooku HDMI vedoucímu do monitoru s hodinami
- zapnout PC_Acq, PC_hodiny a notebook
- zkontrolovat, že otvory na čepici jsou průchodné, popř. vyčistit
- zatáhnout okna
- umístit cedulku NERUŠIT na dveře a do zatáčky na chodbě

W/M série:

- BIOPAC vypnutý!
- nechat probanda klikat a nahmatat přitom aktivní svaly na zápěstí
- ošetřit sval a zemnicí místo abrazivní pastou
- nalepit dvě snímací elektrody EMG (červená a bílá) a jednu zemnicí (černá)
- na PC_hodinách nastavit rozlišení 1280x800
- na PC_hodinách spustit skript LPTray.exe (ve složce Libet v podsložce Mouse skript)
- na PC_hodinách spustit hodiny: [adresa URL skriptu s hodinami]
- na PC_hodinách vyplnit tyto údaje:
 - Pokusná osoba: [jméno a příjmení]
 - Pohlaví: muž
 - Lateralita: pravák
 - Scénář: 10AW 40AW 10AM 40AM
 - Průměr ciferníku (px): 150
 - Rychlost oběhu (ms): 2560
- monitor PC_hodin svézt dolů až nadoraz
- pokud není, připojit STP100C mezi STM100C a UIM100C
- zkontrolovat, že paralel vede do paralelního portu na PC_hodinách
- odpojit z racku veškeré jacky
- připojit kabely EEG do racku
- odpojit plochý konektor EEG kabelů uprostřed
- nasadit probandovi zemnicí elektrody na uši
- napustit do zemnicích elektrod vodivý gel
- změřit probandovi polohu Fp1 a Fp2 (10 % horním polokruhem – 3,6 cm a 10 % polokruhu po obvodu hlavy – 3,0 cm; viz obrázek)
- očistit Fp1 a Fp2 abrazivní pastou a nalepit polštářky
- zapnout probandovi hrudní pás
- pokud je to možné, vložit špunty do uší
- nasadit probandovi EEG čepici a zapnout na hrudní pás
- napustit do elektrod Fp1, Fp2, Cz, P3, C3 a C4 vodivý gel



- připojit k elektrodám EMG měřící svorky
- na dřevěnou desku položit myš připojenou k PC_hodinám
- ověřit, že STP100C je zapojený do racku
- zapnout BIOPAC
- na PC_Acq otevřít složku s názvem 11.1. (zelená ikona na ploše) a zvolit template "w.m serie.gtl"
- připojit plochý konektor EEG kabelů uprostřed
- v Acq ověřit, že impedance nepřekračuje absolutní hodnotu 10 mV (záložka MP150/Show Input Values)
- spustit měření v templatu Acq a otestovat správnost měření EEG, EMG a paralelu
- pokud je vše v pořádku, zapnout ostré měření Acq
- na PC_hodinách stisknout F11
- na PC_hodinách kliknout na "Zahájit sezení"
- nechat probanda přečíst si instrukci, **ale nenechat spustit skript!**
- „Začneme rychlým tréninkem o 10 pokusech. Potom se objeví znovu stejná instrukce, po které bude následovat 40 ostrých měření. Potom bude další trénink o 10 pokusech a pak druhá ostrá série o 40 pokusech. Pak, stejně jako posledně, uděláme nějaké technické změny a budeme pokračovat.“
- nechat probanda spustit skript a projít všech 100 pokusů
- ukončit a uložit měření v Acq jako "5_AW_AM_[iniciály probanda].acq"
- zavřít template v Acq
- provést debriefing s těmito otázkami (problémy napsat do poznámek na první straně)
 1. „Zaznamenal jste během experimentu, že byste cítil, že pohyb nebyl spontánní, že jste ho plánoval?“
 2. „Stalo se vám během experimentu, že jste byl překvapen vlastním pohybem? Že přišel sám od sebe bez vašeho vědomí?“
- odpojit plochý konektor EEG kabelů uprostřed
- vypnout BIOPAC
- odpojit probandovi svorky EMG, ať může volně hýbat rukou, popř. i odlepit elektrody

S série:

- odpojit STP100C
- !!! odpojit notebook od napájení !!!
- na monitoru přepnout source na HDMI
- nastavit na notebooku zobrazení jen na druhém monitoru a rozlišení 1280x800 (ale zatím nezavírat)
- přepojit myš připojenou k PC_hodinám do notebooku
- připojit k notebooku jack vedoucí do reproduktoru (do reproduktoru zezadu, ne zepředu)
- zkontrolovat, že reproduktor je připojený do zásuvky
- zkontrolovat, že všechna kolečka na reproduktoru jsou na maximum
- na notebooku otevřít testovací zvuk: [adresa URL skriptu s testovacím zvukem]
- otestovat, že reproduktor zvuk přehrává (POZOR, nesmí být z přední strany připojený jack!)
- pokud je vše v pořádku, zapojit do přední strany reproduktoru jack a druhým koncem do CH16 na UIM100C
- druhý jack zapojit do OUT na STM100C a druhým koncem do CH12 na UIM100C
- posuvník na STM100C přepnout na CH15 a kolečko otočit na 100 %
- připojit stimulátor
- zapnout BIOPAC (plochý konektor EEG je odpojen!)

- ověřit pomocí testovacího zvuku, že stimulátor funguje (kolečkem na jeho vrcholku také otočit doprava až do konce)
- připevnit stimulátor na probandovo levé zápěstí (zespoda, tedy z dlaňové strany)
- otočit kolečkem na STM100C na maximum a posílat testovací zvuky („Cítíte tento stimul?“)
- postupně snižovat intenzitu stimulu, dokud nenajdeme prahovou hodnotu, pak trochu zvýšit
- připojit plochý konektor EEG kabelů uprostřed
- na PC_Acq otevřít složku s názvem 11.1. (zelená ikona na ploše) a zvolit template "s serie.gtl"
- zapnout měření Acq a vyslat ještě několik testovacích stimulů pro kontrolu
- zastavit měření Acq a vynulovat
- na notebooku otevřít skript s hodinami: [adresa URL skriptu s hodinami]
- na notebooku vyplnit tyto údaje:
 - Pokusná osoba: [jméno a příjmení]
 - Pohlaví: muž
 - Lateralita: pravák
 - Scénář: 10SA 40SA
 - Průměr ciferníku (px): 150
 - Rychlost oběhu (ms): 2560
- spustit měření Acq
- na notebooku stisknout F11
- zavřít notebook
- na notebooku kliknout na "Zahájit sezení" a nechat probanda přečíst si instrukci, **ale nenechat spustit skript!**
- „*Ted' uděláme trénink s kožní stimulací o 10 pokusech a pak 40 ostrých měření. Tím pro dnešek skončíme.*“
- nechat probanda spustit skript a projít zbytek pokusů
- ukončit a uložit měření v Acq jako "5_SA_[iniciály probanda].acq"
- zavřít template v Acq
- vyjmout špunty z uší

Po skončení měření:

- odpojit plochý konektor EEG kabelů uprostřed
- vypnout BIOPAC
- odpojit probandovi EEG
- pokud jsou přilepeny, odlepit elektrody EMG
- poskytnout probandovi vodu k pití, odpovědi na otázky a kapesníky pro vytření gelu z vlasů
- otevřít okno a vyvětrat
- source na monitoru přepnout zpět na DVI
- odpojit všechny jacky z racku a od notebooku
- uklidit vybavení, dát laboratoř do původního stavu
- vypnout 3 zásuvky
- zavřít okno
- zhasnout
- zamknout

Technické poznámky:

Příloha 3: Vzorová strana z manuálu pro revizi

W (A)

W (O)

M (A)

M (O)

S (A)

S (O)

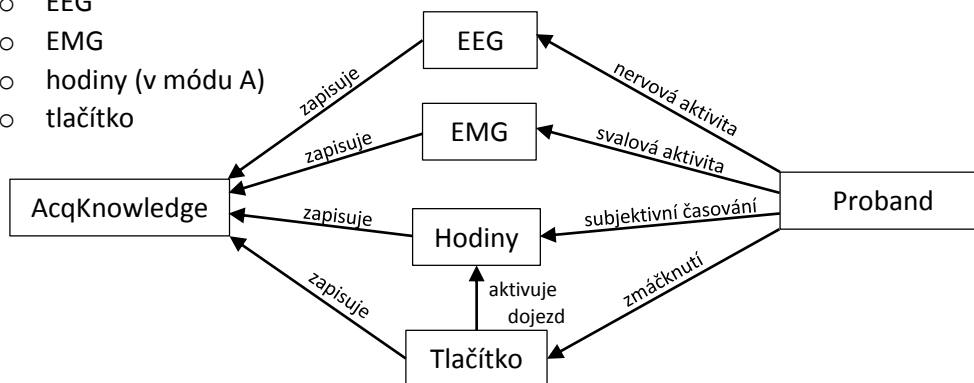
P-S (bV)

P-S (V)

4.1 Série W (A)

- = sebou iniciovaný pohyb, sleduje se „chtění“ pohnout rukou, mód A (absolute)
- vybavení:

- EEG
- EMG
- hodiny (v módu A)
- tlačítko



- popis:
 - proband sedí v křesle ve vzdálenosti od monitoru rovné přibližně šestnáctinásobku průměru hodin
 - proband obdrží instrukci
 - spontánní pohyb sám od sebe
 - sledujeme první „chtění“, „nutkání“, „záměr“, „rozhodnutí“
 - proband nemrká, pokud potřebuje mrknout, může, ale pak počkat jeden oběh hodin
 - pohybem je stisknutí tlačítka myši (odchylujeme se od Libeta – ten měl flexi zápěstí nebo prstů)
 - probíhá **40 pokusů** – v každém pokusu:
 - proband kdykoli po 1. dokončeném oběhu stiskne tlačítko, hodiny dojedou continuation interval (+500 až +800 ms), po kterém proband ohlásí, v jaké pozici byl ukazatel na hodinách **v okamžiku chtění**
 - zaznamená se segment EEG v rozsahu asi -1500 až +500 ms
 - zaznamená se čas aktivace EMG
- získaná data:
 - získáme 40 časů aktivace EMG („zero-point“ – vztažný bod pro vše ostatní)
 - získáme 40 časů stisknutí tlačítka
 - získáme 40 časů W (A)
 - získáme 6 zprůměrovaných průběhů RP (pro každou elektrodu jeden)