

Univerzita Pardubice

Fakulta chemicko-technologická

SINISTRALITA

Alexandra Bolková

Bakalářská práce

2018

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Alexandra Bolková**
Osobní číslo: **C15193**
Studijní program: **B3912 Speciální chemicko-biologické obory**
Studijní obor: **Klinická biologie a chemie**
Název tématu: **Sinistralita**
Zadávající katedra: **Katedra biologických a biochemických věd**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. charakterizovat sinistralitu, laterality
2. historické, fyziologické a genetické poznatky v oblasti sinistrality
3. typické rysy a schopnosti leváků
4. zastoupení leváků v populaci, význačné osobnosti

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Podle pokynů vedoucího bakalářské práce

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Lucie Stříbrná, Ph.D.**

Katedra biologických a biochemických věd

Datum zadání bakalářské práce: **27. listopadu 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **4. července 2018**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



prof. Ing. Alexander Čegan, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2018


Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 29. 6. 2018


Alexandra Bolková

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala své vedoucí bakalářské práce paní Mgr. Lucii Stříbrné Ph.D. za ochotu, přátelský přístup a cenné rady, které mi poskytovala v průběhu psaní této práce a také bych chtěla poděkovat své rodině za podporu v průběhu mého studia.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá tématem sinistrality a obecným uvedením do problematiky lidské laterality. Práce popisuje, jaký je původ této odlišnosti, jak vznikla, jaké má genetické kořeny a s jakými problémy a tématy se lidé se sinistralitou potýkají. Tato práce také pojednává o rozdílech mezi praváky a leváky, nejen jakou rukou preferují psaní, ale i z morfologického hlediska, dále o jejich odlišných schopnostech a dovednostech, popřípadě talentech. Jednou z dalších kapitol je výskyt leváků v populaci a jejich zastoupení v poměru muž/žena, historie, výskyt leváctví u dvojčat a zmínka o výjimečných osobnostech, které se zapsaly do historie.

KLÍČOVÁ SLOVA

lateralita, sinistralita, levorukost, ambidextrie, levá a pravá hemisféra

TITLE

Sinistrality

ANNOTATION

This bachelor thesis deals with sinistrality and common introduction to human laterality. The work describes where is the origin of this distinction as well as how it formed and what genetic roots it has and with what difficulties and topics people with sinistrality discuss. This thesis is also about differences between left and right-handed people, not only about the hand they use to write with but also about the morphological point of view, furthermore about their different abilities and skills and eventually talents. One of the chapters deals with occurrence of left-handed persons in population and their gender rates, history of language lateralization, occurrence of left-handedness twins and famous celebrities who had written the history.

KEYWORDS

laterality, sinistrality, left-handedness, ambidexterity, left and right hemispheres

Obsah

ÚVOD.....	11
1 LATERALITA	13
1.1 Vymezení pojmu	13
1.2 Klasifikace lateralit	14
1.3 Zkřížená lateralita.....	14
1.4 Ambidextrie	16
1.5 Sinistralita	16
1.5.1 Formy levorukosti	17
1.6 Testy lateralit.....	17
2 HISTORIE.....	20
2.1 Dávná historie	21
2.2 Současný přístup k levorukosti	22
2.3 Přecvičování.....	23
2.3.1 Následky a symptomy přecvičování	24
3 ZASTOUPENÍ LEVÁKŮ V POPULACI.....	25
3.1 Muži versus ženy	27
3.2 Studie jedináčků a dvojčat	28
3.2.1 Výskyt leváctví u jednovaječných dvojčat.....	29
4 VÝVOJ MOZKU – FYZIOLOGICKÉ A GENETICKÉ POZNATKY	31
4.1 Fyziologie a členění mozku	32
4.1.1 Brocovo centrum.....	34
4.1.2 Wernickeova oblast.....	34
4.2 Morfologické odlišnosti mozku praváka.....	36
5 DETERMINACE LATERALITY V PRENATÁLNÍM VÝVOJI.....	38
6 LEVORUKOST A DĚDIČNOST	43
6.1 Teorie dědičnosti.....	43
7 TYPICKÉ RYSY A TALENTY U LEVÁKŮ	49
8 ZÁVĚR.....	56
9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	57
10 ZDROJE OBRÁZKŮ, TABULEK A PŘÍLOH	72
11 PŘÍLOHY.....	73

SEZNAM ZKRATEK

- CAG – cytosin, adenin, guanin (dusíkaté báze)
- cDNA – complementar DNA
- DNA – deoxyribonukleová kyselina
- DZ – dizygotní (dvojčata)
- DQ – kvocient pravorukosti (*Dexterity Quotient*)
- LH – anglicky: left-handed – levoruký
- RH – anglicky: right-handed – pravoruký
- MRI – magnetické rezonance
- MZ – monozygotní (dvojčata)

SEZNAM TERMÍNŮ

afázie – ztráta nebo porucha řeči způsobená porušením řečových oblastí mozku

alela – alternativní forma genu, alternativní forma úseku DNA

corpus callosum – svazek nervových vláken zajišťující komunikační spojení mezi hemisférami

fenotyp – soubor všech pozorovatelných vlastností a znaků organismu; výsledek interakce genotypu s prostředím

genotyp – soubor všech genů vložených do zárodku organismu bez ohledu na jejich umístění v buňce

homozygot – jedinec, jehož genotyp je ve sledovaném znaku tvořen jediným typem alel

heterozygot – jedinec, jehož genotyp je v daném lokusu tvořen odlišnými alelami umístěnými na homologních chromozomech

in vivo – v živém nebo na živém těle, zaživa

in utero – v děloze

kohortová skupina – skupina lidí narozených ve stejném kalendářním čase, například ve stejném kalendářním roce nebo desetiletí; poté se sledují v době, kdy se stanou staršími

lateralita – přednostní užívání jednoho z párových orgánů pohybových či smyslových

léze – poranění, poškození; porucha orgánu či tkáně, které má za následek narušenou funkci v důsledku chorobného procesu nebo úrazu

planum temporale – část Wernickeovy oblasti; trojúhelníkový útvar v závitě mozkové kůry

putamen – latinský výraz pro zevní část *nucleus lentiformis*

sinistralita – leváctví, levorukost; preference (upřednostňování) levé ruky nebo jiné levé části těla před pravou [1]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Funkční členění lidského mozku.....	34
Obrázek 2: Yakovlevian torque.....	37
Obrázek 3: Ultrazvukový obraz plodu sajícího si pravý palec.	39

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Procenta konkordance a diskordance u dominance jedné ruky nalezené mezi MZ a DZ dvojčaty.....	29
Tabulka 2: Rozdělení hemisfér a jejich vlastnosti a funkce	33
Tabulka 3: Počet jedinců, u kterých se sledovalo sání palce na pravé či levé ruce ve třech stádiích jejich gestačního vývoje.....	38
Tabulka 4: Procentuální zastoupení dědičnosti leváctví u potomků.....	47
Tabulka 5: Výskyt leváctví v rodinách, v závislosti na dominanci jedné ruky u otce/matky a pohlaví potomka.....	47
Tabulka 6: Genotypové a fenotypové znázornění dominance a recesivity 1 genu v modelu dědičnosti lidské dominance ruky	48

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A: Testy laterality.....	73
PŘÍLOHA B: Indikátory laterality u batolat a dětí předškolního věku.....	74
PŘÍLOHA C: Vzorec pro výpočet kvocientu pravorukosti.....	75
PŘÍLOHA D: Důsledky přeučování.....	75
PŘÍLOHA E: Rysy společné pro přeučené leváky.....	76
PŘÍLOHA F: Obrázek z elektronového mikroskopu.....	76
PŘÍLOHA G: Tabulka srovnání objemů subkortikálních struktur mezi praváky a „nepraváky“.....	77
PŘÍLOHA H: Graf srovnávající objem putamenu a globus pallidus mezi praváky a nepraváky“.....	77

ÚVOD

Sinistralita je i v dnešní době velmi diskutovaným tématem, které v sobě skrývá mnoho nevyřešených otázek. Stále není úplně jasné, jak a proč leváctví vzniklo, avšak již od nepaměti se touto otázkou zabývá velké množství lidí. Po celou dobu lidské existence zažívali leváci v zásadě diskriminaci a nepochopení. V mnoha kulturách a společnostech se leváctví vyskytovalo jako něco negativního, přeučovalo se, děti byly tak dlouho bity, dokud se nenaučily psát „správnou“ rukou, a i ve společnosti neoplývalo žádným obdivem a uznáním. Dokonce se díky této „odlišnosti“ lidé ve středověku usvědčovali z „čarodějnictví“, soudili se, ženy byly veřejně svlékány, zavíraly se a upalovaly na hranicích. Tento postoj potvrzuje i to, že je v některých kulturách d'ábel popisován a zobrazován jako levoruký. Dokonce i v dnešní době v křesťanských manželstvích je manželské pouto „svázáno“ na prsteníčku/třetím prstu levé ruky, protože je podle pověr považován za „prst kouzelný“ a cenný kovový prsten by na tomto prstu zvýšil sílu na ochranu proti černé magii. V buddhismu se praví, že se cesta k nirváne dělí na dvě, a to levou neboli „cestu špatnou“ a pravou „cestu k osvícení“. Oproti těmto stereotypům, kmen Zuniů v Novém Mexiku zastává názor, že leváci nosí štěstí, a s podobným tvrzením souhlasili i Inkové, kteří leváky uctívali.

V současné době je již k levorukosti, alespoň v naší kultuře, přístupováno poněkud liberálněji. Leváci se již nemusejí schovávat a stydět, neboť je u nás psaní levou rukou považováno za normální a přirozené. I přesto naše pravoruká společnost nemůže nabídnout levákům stejné podmínky, snaží se jim však usnadnit fungování v tomto „pravorukém prostředí“. V dnešní době již nalezneme široký výběr (školních, kancelářských, domácích) pomůcek, které jsou vyrobeny přímo pro leváky (například speciální nůžky pro leváky, pera, která se nerozmažou, kytary pro leváky, počítačové myši...). Ale vyrůstat ve světě, ve kterém je většina lidí pravoruká, není i přes to v některých kulturách snadné a býti levákem sebou nese mnohá úskalí a nepříjemnosti.

Leváctví a praváctví nejsou jediné dvě hlavní skupiny, do kterých se lidé mohou zařadit. V populaci se totiž vyskytují i ambidextři, kteří jsou na obě ruce téměř stejně zdatní. Proto není mnohdy snadné kategorizovat dané jedince do skupin podle preference jedné ruky, neboť hranice mezi těmito skupinami je neostrá. Levák nemusí být „vyhraněný“ levák a na některé činnosti (ač minimálně) může používat pravou ruku, a platí to i na opak. Záleží také na tom, jaký indikátor převažující preference stran si jedinec zvolí. Ve většině případů je to právě psaní, které se stalo hlavním vodítkem v identifikaci jedince na základě preference

jeho dominantní ruky. Existuje mnoho testů lateralit, které se touto problematikou zabývají a identifikují člověka na základě provedení několika jednoduchých úkonů či formou dotazníku.

I v dnešní době je velké množství jedinců, kteří byli donuceni „systémem“ k přeučení, nebo vlivem kultury a zažitých zvyků své země jejich původně preferovanou ruku změnit a skrývat. Existuje však tzv. mezinárodní den leváků, který se slaví 13. srpna již od roku 1976.

1 LATERALITA

Definujícím znakem moderního (moudrého) člověka (*Homo sapiens sapiens*) je schopnost provést kvalifikovaný pohyb horními končetinami. Asymetrická funkce ve výkonu horních končetin je základním prvkem jejich motorického chování. Pojem lateralita inspiroval mnoho vědeckých pracovníků v celé řadě oblastí [2].

1.1 Vymezení pojmu

Pojem lateralita vychází z latinského *latus, lateria*, což znamená strana nebo bok. Lateralitu lze také definovat jako odlišnost, nesouměrnost, rozdílnou aktivitu párových orgánů (horních a dolních končetin, očí, uší, hlasivek...) [3]. Nebo ji lze také charakterizovat jako soubor odchylek párových orgánů v souměrnosti organismu, které se orientují podle střední roviny těla [4]. V zahraničních slovnících psychologie je lateralita definována například jako „vrozená či získaná preference k používání jedné strany těla pro určité činnosti“ [5]. Pojem lateralizace pak značí „přesun ke straně“, to znamená umístění nějaké struktury na levou či pravou stranu [6]. Lateralita je odrazem neurální lateralizace v motorickém projevu [7]. Jedná se například o rozdíl ve specializaci a fungování jednotlivých hemisfér mozku či v jejich schopnosti řídit vývojově nejvyšší výkony člověka [8].

Nejobvyklejším příkladem lateralality je tendence používat jednu či druhou ruku k určité činnosti lépe, rychleji a obratněji. Díky tomu se lidé rozlišují na leváky, praváky a ambidextry. Přibližně 90 % lidí jsou praváci, zbytek jsou leváci a ambidextři. Lidé se značně liší v rozsahu činností, ke kterým upřednostňují danou ruku, stejně jako v míře rozdílnosti dovedností mezi oběma rukama. Pravděpodobně nikdo neupřednostňuje výhradně pravou nebo levou ruku. Obecně platí, že se lateralita nejvíce projevuje u jemné motoriky, jako je psaní nebo kreslení [8, 9, 10].

Zajímavým příkladem projevu lateralality, která nevyplývá ze specializace párových orgánů, ale z nesouměrného rozložení orgánů do jedné poloviny těla, je například způsob držení matky jejího novorozence [11].

V roce 1960 začal americký psycholog Lee Salk pracovat na výzkumu založeném na pozorování matek s dětmi v porodnicích. Výzkumy ukázaly, že 80 % rodiček drželo své dítě podvědomě v levé ruce, a to bez ohledu na to, jestli byla matka levačka či pravačka [12]. Dítě tak mělo přitisknuté pravé ucho na hrudi matky. Salk dospěl k názoru, že matka tak instinktivně činí, neboť chce, aby dítě slyšelo tlukot jejího srdce, na který bylo zvyklé z dělohy. Na tuto

teorii navázal v pozdějších studiích v letech 1962 a 1973, které potvrdily, že skupina novorozenců, která pravidelně naslouchala tlukotu srdce, přibírala více na váze a snížila se u nich míra stresu [13].

Mezi další názory vědců patří, že preference jedné strany, na které matka drží své dítě, je silně spjata s kontralaterální hemisférickou specializací zpracování emočních signálů u dítěte [14].

1.2 Klasifikace laterality

Lateralitu odlišujeme **tvárovou** (neboli morfologickou) a **funkční**, a to v závislosti na jejím projevu. Projevem funkční laterality je zejména častější užívání jednoho z párových orgánů, kterému je dáována přednost, a to včetně jeho kvality a kvantity odpovídající dle náročnosti funkce. Odlišnost tvarové laterality se projevuje ve tvaru, velikosti, zkrátka odlišnosti vzhledu párových orgánů [4].

1.3 Zkřížená lateralita

Jinými slovy **nesouhlasná lateralita** (anglicky: *mixed-handedness* či *cross-dominance*), je dominance pravé ruky a levého oka (či levé ruky a pravého oka). Obecně lze říci, že mluvíme především o odlišné dominanci oka a ruky, ale jedná se i o dominanci ostatních orgánů. Pojem zkřížená lateralita se používá k označení lidí, jejichž dominance ruky, oka, nohy či ucha není jednotně pravo- nebo levostranná. Lidé mají tendenci k různým úkonům používat jejich obratnější ruku. Zkřížená lateralita odráží neurologické funkce, přičemž se zdá, že mají tito jedinci větší propojení mezi hemisférami než leváci nebo praváci [4, 15, 16, 17].

Oproti tomu **souhlasná lateralita**, je dominance pravé ruky a pravého oka (levé ruky a levého oka) a vyskytuje se podstatně častěji. Zjistilo se totiž, že existuje statisticky významná souvislost mezi lateralitou ruky a oka [4].

Myšlenka, že je nesouhlasná lateralita spojena se studijními výsledky, se stává mnohem více populárnější v oblasti vzdělávání. Některé studie uvádějí, že osoby s nesouhlasnou lateralitou jsou vystaveny zvláštnímu riziku, které úzce souvisí s poruchami učení, zatímco jiné, velmi podobné studie, zastávají opačný názor. Podle těchto nejednoznačných výsledků může být anebo nemusí zkřížená lateralita rizikovým faktorem pro poruchu učení a špatné (zhoršené) studijní výsledky [16].

Při čtení či psaní, kdy je vedoucí levé oko (a pravá ruka), přichází vnímaný text zakódovaný do nervových vzruchů převážně do centra zraku v pravé hemisféře. Protože pravá (neřečová) hemisféra není tak dobře vyvinuta pro porozumění verbálních informací, dochází velmi často k tomu, že jsou tyto informace dále vedeny přes *corpus callosum* do levé hemisféry, kde dochází k dekódování a k pochopení vedených informací. Tato cesta je však delší a složitější a snáz může dojít ke špatnému dekódování či k porušení nebo chybě vedené informace, která se „odrazí“ na konečném projevu člověka [18].

Studie z roku 1974 hodnotila funkční specializace mezi lateralizací hemisfér, konkrétně používání pravé ruky a pravého oka a překříženou lateralitu. Slova a různé formy slov byly promítány tachistoskopicky do pravého nebo levého zorného pole za podmínek rychlého vizuálního zapamatování si.

„Souhlasná“ lateralita (pravá ruka/pravé oko) v porovnání s překříženou lateralitou vedla k lepšímu vizuálnímu vnímání jazyka, ale naopak vedla k „chudšímu“ vnímání jeho formy. Lepší výsledky subjektů se souhlasnou lateralitou ve Verbálním testu (*Verbal Test*) naznačují větší diferenciaci hemisfér pro jazyk souběžně s větším bilaterálním vnímáním, zatímco vynikající výkonnost subjektů s překříženou lateralitou ve „*Forms*“ testu naznačuje větší hemisférickou specializaci pro zpracování vizuálních prostorových informací souběžně s větším bilaterálním zastoupením psaného jazyka.

Hypotéza „interference“, která předpovídala poškození nonverbálních funkcí u méně lateralizovaných subjektů (v levé hemisféře) nebyla potvrzena. Výsledky potvrdily tyto hypotézy: a) překročení kontroly binokulární vizuální funkce nemusí nutně znamenat problém ve vnímání a b) že výhoda lateralizace je důsledkem zvýšené asymetrie funkce spíše než snížené interference mezi lingvistickým a neverbálním vnímavým systémem. Zatím neexistují žádné důkazy o tom, že by se souhlasná či překřížená lateralita lišila v rámci pohlaví [15, 19].

Studie z roku 1994 zkoumala překříženou dominanci a její vztah k inteligenci a akademickému úspěchu. V této studii byla skupina 93 „zdravých“ dětí ve věku od 2 do 8 let dlouhodobě sledována. Nebyl však nalezen žádný vztah mezi překříženou lateralitou a inteligencí nebo úspěchem [20].

1.4 Ambidextrie

Je to schopnost používat obě ruce stejně obratně, bez preference jedné z nich. Slovo ambidextrie (anglicky: *ambidexterity*) pochází z latinského *ambidextria*, což vzniklo spojením předpony *ambi-*, která vyjadřuje obojakost a slova *dexter* – pravý, obratný. Ambidextři často k jednotlivým úkonům upřednostňují rozdílné ruce. Jinými slovy je ambidexter člověk s nevyhraněnou lateralitou. Jedná se tedy o typ tzv. non-dominance, kdy není funkční převaha ani jedné z mozkových hemisfér [21, 22]. Podle některých odborníků jsou ambidextři rození leváci s mimořádnými motorickými a pohybovými vlastnostmi, kteří si v plné míře obhájili vedoucí postavení své levé ruky, avšak již v předškolním věku se dokázali mnohé věci naučit i pravou rukou a přizpůsobit se tak okolnímu pravorukému vlivu. Tito jedinci se v populaci vyskytují velice málo (okolo 1 %) [23, 24].

1.5 Sinistralita

Sinistralita (anglicky: *left-handedness* či *sinistrality*) neboli leváctví, je charakterizována „*funkční převahou levé ruky, s přednostním užitím i dolní končetiny, oka a ucha*“. Výraz pochází z latinského slova *sinistre*, což v překladu znamená levý, odtud i příbuzný výraz *sinister*, s významem zvrácený nebo nepříznivý. Oproti tomu podstatné jméno *sinistrum*, znamená zlo [8, 25, 26].

Slovo „levý“ (anglicky: *left*) má údajně kořeny v anglosaském slovu *lyft*, což znamená slabý nebo zlomený. Oxfordský anglický slovník definuje leváctví jako pojem asociující přídavná jména jako zmrzačený, vadný, nepříjemný či nemotorný. V dalších jazycích je to velmi podobné. Například francouzský výraz pro slovo levý je *gauche* a znamená křivý, nečistý či ošklivý. Ve španělštině existuje slovo *zurdo*, či v italštině *mancino*, které mají obdobné vysvětlení a to nečestný, lstivý, škodlivý či nepoctivý. V němčině slovo *linkisch* znamená záludný [26, 27, 28].

Proběhlo již mnoho rozmanitých studií o leváctví, které byly vedeny výzkumníky z různých oborů, jako je lékařství, neurologie a psychologie. Přestože některé údaje zůstávají i do dnes kontroverzní, a ne zcela vysvětleny, bylo zjištěno, že s pojmem leváctví je spojeno hned několik faktorů, a to hormonálních, kulturních a vývojových [29].

1.5.1 Formy levorukosti

Jedna z teorií tvrdí, že existují dva základní typy leváctví, a to **genetické** a **patologické**. U leváctví lze skutečně vysledovat určitý genetický základ – jestliže je jeden z rodičů levák, je oproti průměru vyšší pravděpodobnost, že levák bude i jejich dítě. Tito potomci bývají ve svém dalším vývoji, pokud nejsou násilně přecvičováni, velmi zdatní, úspěšní a šikovní. Pokud ani jeden z rodičů není levák, jsou vyhlídky jejich potomka na leváctví jedna ku deseti [30, 31].

Druhým typem je leváctví patologického původu, kdy byla identifikována změna v laterálním vývoji spojeném s včasným zraněním mozku u některých manifestních leváků. Předpokládá se, že je tento syndrom způsoben hemisférickou lézí, která je převážně levostranné (nebo bilaterální) asymetrie. Tato léze byla pravděpodobně způsobena před 6. rokem života dítěte a zasáhla do kritických řečových zón frontotemporální/frontoparietální mozkové kůry. K poškození mnohdy dochází již v děloze (*uterus*). Mezi nejčastější dvě příčiny poškození, jak už prenatalně (před narozením), tak perinatálně (při porodu), patří různé typy krvácení (například takzvaná „malá mrtvice“) nebo může dojít k anoxii (nedostatek kyslíku), například vlivem přiškrcení pupečníku (*funiculus umbilicalis*) [24, 32].

Podle jedné teorie bude počet patologických leváků vždy neúměrně vyšší než počet patologických praváků, bez ohledu na pravděpodobnost přeorientování laterality po jednostranném poranění mozku. Tato pravděpodobnostní hodnota byla odhadnuta algebraicky [33].

Zvláštním typem, který lze také uvést, je „**lateralita z nutnosti**“, která může být pouze přechodná, pokud je vedoucí orgán vyřazen jen na určitý čas, například vlivem nutné fixace po zlomenině či luxaci kloubu; nebo trvalá, jestliže je vedoucí orgán vyřazen ireverzibilně, to znamená po ochrnutí či amputaci [34].

1.6 Testy laterality

Většina metod používaných pro určení preferované paže je založena na spontánně prováděných (každodenních) činnostech, pro jejichž vykonání se opakovaně používá pouze jedna ruka. Příklady těchto testů jsou uvedeny v příloze A.

Diagnostika laterality je důležitá zejména na konci předškolního věku dětí v době zahájení povinné školní docházky. V této době by již mělo být zřejmé, o jaký typ laterality

se u dítěte jedná, a podle toho se dítě učí psát pravou či levou rukou. V případě ambidextrie se dítě obvykle učí psát rukou pravou [35].

U batolat a dětí předškolního věku, které ještě neumí psát a nemají „dokonale“ vyvinutou jemnou motoriku, je těžké odhalit správnou laterality. Existují však jisté znaky, podle kterých se laterality může předčasně odhadnout (viz příloha B). Tyto znaky jsou pouze orientační a neslouží k přesné diagnostice, nýbrž spíše pro dlouhodobější sledování a zaznamenávání si preferencí svého dítěte v průběhu daného časového období. Děti často používají ze začátku obě ruce současně, až po určitém čase přejdou k jedné [2].

U dětí a dospělých se preference končetin hodnotí na základě vykonání několika jednoduchých úkonů. Jedna ze známějších ukázek testu laterality se objevila již v klasických studiích Woodwarta, který posuzoval schopnost subjektů přesně nakreslit čáry stejné délky dominantní a nedominantní rukou. Bylo zjištěno, že pohyb preferované paže byl logicky podstatně přesnější a rychlejší než u nepreferované. Mezi další charakteristické úkony hodnocení laterality patří srovnávání maximální úchopové síly. V tomto úkolu dokáže dominantní paže vyprodukovat větší úchopovou sílu [2, 35].

V zahraničí mezi nejběžnější dotazník pravděpodobně patří takzvaný „*Edinburgh Handedness Inventory*“ (EDI). Je to stupnice, která se používá pro stanovení dominance jedné ruky. Obsahuje 20 otázek, jež jsou zaměřeny na běžné úkony, které se jedinec snaží sám posoudit a následně vybrat jednu z nabízených odpovědí podle preference ruky, kterou činnost nejčastěji a automaticky vykonává [36].

Později R. C. Oldfield přišel s druhou, kratší verzí, která zahrnovala pouze 10 otázek a je v praxi používaná mnohem častěji. Tato verze obsahuje 10 různých aktivit, jejichž cílem je posoudit, zda je daný jedinec levoruký či pravoruký. Mezi zmíněné aktivity patří kreslení, házení, používání různých pomůcek, jako je zubní kartáček, nůž či lžička. Za každé označení strany se udělí kladný (u pravé ruky) nebo záporný bod (u levé ruky), výsledek se pak vydělí 10 a vynásobí 100. Sto bodů poté označuje silně vyjádřené praváctví a -100 bodů naopak vyhraněné leváctví [36, 37, 38].

Test, založený na podobném principu, sestavený britskou psycholožkou Annett, se nazývá „*Annett Hand Preference Questionnaire*“ (AHPQ). Dotazníkovou formou se zjišťuje preference jedné ruky při běžných úkolech.

Analýza potvrzujícího faktoru ukázala nejen, že AHPQ je spolehlivý a má solidní konvergenční platnost, ale i měřicí vlastnosti AHPQ lze dále vylepšit eliminací několika položek z dotazníku. Navrhuje se úprava dotazníku, případně nahrazení zastaralých otázek, jako je "zametání" a "házení lopatou", s moderními manuálními činnostmi, jako je "psaní SMS zpráv" a "používání dálkového ovládání" [39].

Annett (1970) vytvořila také praktický test k určení vedoucí ruky zvaný „*peg-moving task*“. Úkol spočívá v tom, že jedinci mají v co nejrychlejším čase přesunout deset kolíků (po jednom) z otvorů do vzdálenějších otvorů. Ruka, která je rychlejší by měla korelovat s tou, která je vedoucí pro ostatní činnosti. Výhodou tohoto testu je, že není ovlivněn zkušenostmi a naučenými činnostmi [40].

Kilshaw a Annett porovnávali výkonnost pravé a levé ruky u jedinců ve věku od 3 let do 50 let, na základě Annetteové „*peg-moving task*“ testu. Zjistili, že manuální výkonnost se zvyšovala s věkem až do výše 50 let, přičemž rychlost se poté mírně snížila. U mužů bylo zjištěno, že jsou rychlejší než ženy při užívání levé ruky téměř ve všech věkových skupinách, zatímco ženy byly rychlejší s užitím pravé ruky ve věkové skupině do 10 let. Při zkoumání výkonnostních rozdílů rukou nezjistili Kilshaw a Annett žádnou závislost na věku, ačkoli došlo k určitému trendu mezi výkonností rukou u nejmladších dětí.

Podobný test navrhli i M. Peters a Durdin (1978), kdy byla vedoucí ruka určována skrze výkon při tukuání ukazováčkem do podložky [40, 41].

Výhoda obou testů je, že jsou dobře použitelné pro děti. Nedají se s nimi však odhalit ambidextři a další specifické případy.

V České republice v roce 1972 vymysleli podobné testy 2 čeští dětské psychologové Zdeněk Matějček a Zdeněk Žlab. Test byl nazván „Zkouškou laterality“, a měl obdobně sloužit především k určení vedoucí ruky u předškolních dětí. Obsahuje 10 úkolů, které vyžadují užití jedné ruky. Bodují se úkony provedené pravou rukou a úkony, ve kterých se ruce při výkonu střídaly (za každý takto provedený úkon je 1 bod), body získané střídáním rukou se vydělí dvěma, sečtou se s body za pravoruké provádění úkonů a získané číslo se vydělí deseti a znásobí 100 [42]. Vzorec pro výpočet koeficientu pravorukosti (DQ) je uveden v příloze C.

2 HISTORIE

Zatímco je možné studovat vývoj preference jedné ruky přímo v „živé“ populaci, odhalování manuální lateralizace v prehistorických populacích vyžaduje více deduktivní přístup [43].

Až do 80. let neexistovaly žádné důkazy o tom, že by ostatní druhy zvířat (kromě lidí), dokonce i ti nejvyšší primáti, vykazovali známky dominance jedné ruky. Přestože mají jednotlivá zvířata tendenci mít jednu ruku (končetinu) obratnější a více ji využívat, nebyla pozorována žádná preference na úrovni druhu nebo populace, kde by byl výskyt preference téměř 50 % praváků a 50 % leváků [44].

Velmi časnou hypotézou bylo, že se u lidí dominance jedné ruky pravděpodobně projevila někdy poté, co se lidská evoluce oddělila od vývojového stádia ostatních primátů před 5 – 7 miliony lety, a že se pravděpodobně vyvinula jako důsledek, popřípadě vedle jiného zvláštního lidského znaku, a to řeči. Ačkoli se obecně věří, že pravorukost převládala ve všech lidských populacích, přinejmenším u *Homo sapiens sapiens*, důkazy byly zřídka studovány v plném rozsahu [44, 45].

Studie o pravorukosti/levorukosti minulých populací se opírají o předpoklady, že lateralizované chování zanechává vysledovatelné *markery* (značky) v kostech či různé artefakty, jako je morfologická asymetrie horních končetin a kraniální endokasty či orientace a směr opracování povrchu na kamenných odlomcích, primitivních nástrojích či polarita skalního umění. Preference jedné ruky u pralidí byla nejčastěji zjišťována na základě analýz archeologických vzorků nalezených koster, kamenných nástrojů a různých dalších artefaktů [43, 46].

Identifikování preference jedné ruky ze vzorků kostí se neukázalo jako jednoznačné a průkazné. Problémy vyplývají z obtíží při určení přesné povahy vztahu mezi užíváním ruky a kostní morfologií, metodami, kterými se hodnotí ruční preference, nedostatkem materiálu, který je k dispozici pro studium, a dokonce i tím, co se rozumí pojmem „levorukost/pravorukost“. Byly provedeny různé pokusy o řešení těchto otázek zahrnující celou řadu metodologických přístupů, jako jsou srovnání osteologických postupů, studie pravěké materiálové kultury a etnografické analýzy chování ručního užití v moderních společnostech lovců a sběračů a skupin primátů jiných než lidských. Tento výzkum naznačuje fakt, že je preference jedné ruky složitým jevem v existujících i vyhynulých skupinách a pro

posouzení jeho vyjádření ve vyhynulých populacích je třeba věnovat pozornost otázkám dostupného materiálu a metodikám, které vedou k jejich řešení [47].

David W. Frayer a jeho tým zkoumali lidské fosilie z oblasti Sima de los Huesos (Atapuerca, Španělsko) a jejich pravděpodobných potomků, evropských neandertálců. Zdokumentovali preference jedné ruky na základě fosilních struktur, které se vyskytovaly na vnější (labiové) straně zubů u řezáků (*dentes incisivi*) a špičáků (*dentes canini*). Na základě tohoto zkoumání zjistili, že tyto vzory (škrábance) poskytují spolehlivý prostředek pro identifikaci převládajícího používání jedné ruky. Manipulační znaky na předních zubech ukazují trvalý vzorek „pravorukých činností“, což naznačuje, že moderní lidský prvek dominance pravorukosti se hluboce rozšiřuje do evropské minulosti [48].

Velmi podobná studie publikovaná v roce 2017 měla za cíl charakterizovat a popsat škrábance na zubní ploše, u východní asijské populace, nacházející se na levém horním středním řezáku (I1) a levém postranním (laterálním) řezáku (I2) z raného pleistocénu (lokalita Meipu, okres Yunxian) a odvodit preferenci jedné ruky kvantifikací orientace zubních škrábanců. Zkoumaly se labiální povrchy těchto dvou zubů, které byly zobrazovány a sledovány pomocí světelných mikroskopů a/nebo skenovacího elektronového mikroskopu při různých zvětšení (5 – 70 krát). Byl měřen a analyzován úhel, šířka a délka každého zubního škrábance. Tyto šikmé škrábance se vytvořily na předních zubech během bimanuálního úkolu nazývaného „*stuff and cut*“, když se kamenné nástroje neúmyslně dotýkaly zubů a poškrábaly tak zubní sklovinu. Většina škrábanců byla orientována v pravém šikmém směru, průměrně $47,11^\circ$ v I1 a $44,60^\circ$ v I2. Tyto výsledky naznačují preferenci pravé ruky jako dominantní při používání nástrojů během „*stuff and cut*“. Toto je nejranější hlášené „*stuff and cut*“ chování a podle toho se usuzuje praváctví ve východní Asii. Vyplňuje časovou mezeru mezi nejstarším známým příkladem v africkém časném pleistocénu (přibližně před 1,8 miliony lety) a dalším známým případem v evropském středním pleistocénu. Toto je také poprvé, kdy bylo chování „*stuff and cut*“ a pravorukost hlášeny u lidí, konkrétně u *Homo erectus* [43].

2.1 Dávná historie

Již od pravěku byly zaznamenány výskyty leváků v celé lidské populaci. Vykazovaly pouze geografické odchylky. Je zajímavé, že leváctví nikdy nezaniklo, ani v žádné studované populaci nedosáhlo většiny. Existuje důkaz, že frekvence leváků je relativně stabilní od dob paleolitu (35 000 – 10 000 př. n. l.) [29, 49].

Vysokou četnost praváků zaznamenali vědci již u rodu *Homo sapiens* asi před 3 – 4 miliony lety, s celosvětovým výskytem přibližně devíti praváků na jednoho leváka. Stejně tak i dnes, ve všech prostudovaných společnostech, existuje velký přebytek praváků [5, 44].

Byla navržena různá evoluční vysvětlení pro tuto perzistenci polymorfismu ruky. Data naznačují, že levorukost, jako vzácná přednost, mohla představovat důležitou strategickou výhodu v boji proti negativním interakcím. Pro mnohé lovce a bojovníky sloužila levá ruka k překvapení či zmatení soupeře a k jeho poražení [29].

2.2 Současný přístup k levorukosti

Od 20. století byla změna přístupu k levorukým jedincům patrnější. Leváci již byli bráni jako přirozená součást společnosti, ačkoliv se ještě v některých zemích objevovaly snahy o přeučování levorukých dětí. Objevila se první literatura věnovaná této problematice, a i učitelé se naučili řídit metodickými pokyny, jak přistupovat k levorukým dětem při výuce, aby byly respektovány jejich individuální vlastnosti a brán zřetel na jejich upřednostňování vedoucí levé ruky při psaní, kreslení a v dalších činnostech [50]. U nás se za metodické vedení leváků prosadil mimo jiné lékař a pedagog prof. Miloš Sovák či pedagog a logoped František Synek [51].

Dávné předsudky o leváctví již téměř všude zmizely, neboť se stále objevují nové poznatky, které pomáhají levorukým v jejich každodenním životě. Rodiče i pracovníci všech stupňů školských zařízení jsou o problematice laterality poučeni a umí s levorukým jedincem pracovat [23]. Pokud si rodiče nejsou jisti lateralitou svého dítěte, případně i svojí lateralitou, mohou si jednoduchými testy sami, nebo na odborném pracovišti (např. v pedagogicko-psychologické poradně) nechat svoji lateralitu vyšetřit. Pozornost není věnována pouze lateralitě horních končetin, ale zaměřuje se na všechny párové orgány (např. oči a uši).

Leváci musí vynaložit velké úsilí i na jednoduché úkoly života, které jsou v rozporu s jejich přirozenými tendencemi a čelí problémům při používání nástrojů pro běžné práce. Jedním z problémů je i fakt, že přirozený směr psaní levou rukou je zprava doleva. Leváci ale musí psát opačným směrem, a to způsobuje, že si rukou zakrývají právě napsaný text a může dojít i k jeho rozmazání. Při nesprávném držení těla, které je způsobeno nepřirozeným sklonem a stylem písma praváků, může podle mnohých vědců dojít k vychýlení osy páteře nebo k hrbení [3, 28].

2.3 Přecvičování

Diskriminace měla na leváky výrazné účinky. Hlavním důsledkem mohla být sociální izolace, když se levorukým jedincům vyhýbali partneři a známí, také velký tlak v rodině, kde mohl být člověk nucen jíst a psát pravou rukou. Lidé se mnohdy i sami izolovali od ostatních, aby se vyhnuli nepohodlným a nepříjemným situacím, a stávali se tak předmětem drbů. To mělo velmi často za následek introvertní chování s pocity viny, které vedly k nedostatku sebehodnocení k depresím [28]. Přeučování bylo ovšem pro některé jedince „vysvobozující“ a jedinou alternativou pro začlenění se do kolektivu a pro jejich „snadnější“ život v pravoruké společnosti. Mnohdy však netušili, jaké sebou nese přeučování následky.

Podle některých vědců se jedná o „nekrvavý zásah“ do mozku. Přeučování jedinců totiž zásadně odporuje přírodním pravidlům. Mnozí se dopouštěli omylu, že přeučením dojde k výměně dominance mozkových hemisfér. Podle Sováka je *„přecvičování levorukosti proces, který sám o sobě může vyvolávat u levorukého dítěte nejrůznější poruchy, a to i když se koná tzv. šetrným způsobem“* [50, 52].

Dopady na jedince se liší i podle věku, kdy k přecvičování došlo. Je dokázáno, že čím dříve k přecvičování dochází, tím jsou dopady menší. Dětský mozek je totiž velmi přizpůsobivý. Výzkumy prof. Miloše Sováka ukázaly, že byl u dětí předškolního věku dopad přecvičování menší, než u dětí školního a staršího věku. Z těchto poznatků ovšem není možné usoudit závěr, že přecvičování dětí do konce předškolního věku je neškodné. Dopady a následky přecvičování se většinou projeví u všech jedinců, bez rozdílu věku [50, 53].

V České republice je již od roku 1967 přeučování leváků na školách nepřipustné. V Německu toto platí od roku 1975 [51].

Mnoho britských a amerických pedagogů, psychologů a psychiatrů 20. století bylo zastánci přeučování leváků na praváky. Tito odborníci tvrdili, že rozhodnutí dítěte psát levou rukou bylo pouhým odrazem jeho vzdorovité osobnosti, která by mohla být nejlépe „napravena“ násilným přeučováním [53].

2.3.1 Následky a symptomy přecvičování

Již před šedesáti lety odborníci důrazně upozorňovali, že v souvislosti s přecvičováním může dojít k závažným poruchám ve vývoji dítěte (možné důsledky přeučování laterality jsou uvedeny v Příloze D) [53].

Psychologové, lékaři a další odborníci se domnívají, že přeučování může nejen v dětství způsobit různé neurotické potíže, jako je napětí, úzkostnost, okusování nehtů, koktání, ale také hyperaktivitu a větší dráždivost. Patří k tomu také nejistota při orientování v prostoru a často chybné užívání pojmů levá a pravá“ [52].

Bylo-li dítě přecvičováno z leváka na praváka, stávala se jeho pravá ruka nešikovnou, a přiměla tak dítě v různých činnostech býti neobratným. Často docházelo ke vzniku záporného až nenávistného postoje k činnostem spojeným s jemnou motorikou [24].

V 90. letech se lidé mohli setkat s názorem, že se děti, u kterých došlo k potlačení levé ruky, stávaly citově nezvládnutelnými. Potlačování ruky také vedlo ke křiku a vztekání, k nežádoucímu i útočnému jednání, ale i k nadměrné netečnosti, pláči a trucování, uzavřenosti a k dlouhodobému odmítání spolupráce. Některá tato tvrzení však nejsou podložena potvrzujícími studiemi [53].

Koktavost se objevuje ve spojení s přecvičováním téměř paralelně. Od konce 20. let až do 50. let vědci z Iowy publikovali různé články a knihy, které spojovaly etiologii koktání a nucení rozených leváků psát a plnit úkoly pravou rukou. Na základě klinických studií dospěli tito odborníci k závěru, že koktání vykazuje slabou laterální. Jestliže se v rodině nevyskytuje koktavost, je souvislost mezi koktavostí a přecvičováním velmi úzká. Dále tato skupina vědců publikovala podrobné studie pacientů, jejichž koktání bylo údajně „vyléčeno“ zastavením potlačování jejich přirozené dominantní ruky [50, 53].

Psycholožka Barbara M. Sattler se díky její dlouholeté zkušenosti v poradně pro leváky a na základě jejích výzkumů, domnívá, že u přeučeného leváka sice nedojde k postižení či omezení jeho inteligence, ale nýbrž dojde k poškození vyjadřovacích schopností, například při formulaci a vyjadřování myšlenek, při vybavování naučených obsahů, při psaní a řeči. Vytvořila seznam rysů osobnosti, které jsou pro mnohé leváky společné (viz příloha D) [55].

3 ZASTOUPENÍ LEVÁKŮ V POPULACI

Končetinová asymetrie v rámci motorického chování je zjevná u mnoha živočišných druhů. Lidé jsou specifictí tím, že velká část populace preferuje použití pravé horní končetiny. Zajímavé je, že podíl praváků je stabilní napříč geografickými lokacemi a kulturami [2].

Výskyt leváků je udáván různě, záleží nejen na výběru zkoušek a jejich počtu, ale také na věku zkoumaných. Mezi malými dětmi je značně vyšší výskyt funkční levostrannosti – uvádí se až 50 %, než mezi školáky a dospělými [23].

Procentuální zastoupení leváků se v jednotlivých zemích a v jednotlivých regionech zemí liší. Toto kolísání je vysvětleno přísnými kulturními a náboženskými tlaky proti sinistralitě a také rozdíly v genové frekvenci [55].

Celosvětově je více než 90 % lidí praváků. Dominance jedné „výhodnější“ strany je nejsilnější populační předpojatostí pro všechny primáty. Větší procento leváků je zastoupeno běžněji v bělošské, asijské a hispánské populaci [4, 44, 56].

Kulturní tlak proti sinistralitě snižuje její viditelnost a frekvenci v populaci, ale alely související s levorukostí stále zůstávají v populačním genotypu. Levorucí rodiče produkují více levorukých potomků než páry pravorukých rodičů. Genetický základ pro mezikulturní variace leváctví je podporován v případě, že levorucí rodiče produkují levoruké potomky i přes nízkou míru výskytu leváctví v rámci kulturní skupiny [44, 55].

Podobné analýzy byly aplikovány na historický výskyt leváctví. Procento levorukých obyvatel v populaci zůstalo po tisíciletí stabilní, s výjimkou poklesu v 19. století. Nepřímé společenské tlaky v této době mohly způsobit, že levorucí jedinci obtížně hledali partnera a díky tomu méně produkovali potomky. To způsobilo pokles frekvence genů v souvislosti s levorukostí, a v důsledku toho se snížil populační výskyt leváků. Stigmatizace leváctví byla v průběhu desetiletí 20. století postupně eliminována, což vedlo k současnému procentu levorukých lidí v populaci [55].

Gooch upozornil na skutečnost, že ve většině kultur, všech kontinentů, jako je Afrika, Asie, Austrálie, Evropa a Amerika, je pojem "levá" obvykle spojován s feminitou a "pravá" s maskulinitou. Levá ruka byla ve většině kultur odmítána. Starověcí Řekové a Římané považovali levou stranu za nedokonalou. V Nigérii měli lidé tendence považovat levorukost za nejhorsší, jako znamení zla. Asi před půl stoletím bylo v Japonsku leváctví u žen považováno

za dostačující důvod k rozvodu. V Jižní Americe je „pravá“ považována za dobrou, živelnou a božskou, ale „levá“ jako zlá, ďábelská či mrzutá. Stejně tak mezi severoamerickými indiány je pojem „pravá“ hodnotou statečnosti a mužnosti, ale „levá“ označuje smrt a hřích [28].

Z výzkumů vyplývá, že četnost leváků je větší v evropsko-americké než v orientální (indické, japonské a čínské) kultuře. Odhady počtu leváků v poměrně tolerantních kulturách rozvinutého západního světa (Severní Amerika a západní Evropa) jsou kolem 10 – 12 % [28, 56].

Ve formálnějších kulturách, jako jsou asijské, muslimské a latinskoamerické země, jsou míry obvykle mnohem nižší. Například Korea (2 %), Japonsko (3 %) a Tchaj-wan (5 %) mají nejnižší úroveň počtu jedinců preferujících levou ruku, což pravděpodobně odráží systematické odrazování od používání levé ruky, které v těchto zemích i nadále přetrvává. Obtížnost výuky složité čínské a japonské kaligrafie byla uvedena jako další důvod, proč děti mají větší tendence přejímat stejné vlastnosti od svých učitelů [28].

Průzkumy čínských studentů od roku 1980 uvádějí, že je v Číně méně než 1 % leváků. Jedná se o mimořádně nízké číslo vzhledem k obecně uznávanému názoru [57].

Některé averze související s levou rukou jsou dány její souvislostí s hygienickými zvyky primitivního člověka a arabského světa. Muslimové nesouhlasí s používáním své levé ruky pro většinu každodenních činností. K jídlu používají pravou ruku, zatímco levá ruka slouží k hygieně. Mezi muslimy je zakázáno se levou rukou dotýkat libovolného „svatého písma“ [28]. V Koránu a také v křesťanské bibli se píše, že vyvolený lid Boží a jeho oblíbenci sedí po pravé straně a „zničení“ po levé. V Matoušově evangeliu Ježíš shromáždí ovce (které vstoupí do nebe) po své pravici a kozy (které jsou zatracené do pekla) po levici. Monoteistická náboženství nejsou jen ta, která výlučně odsuzují levou ruku. Dokonce i filozofický systém víry, jako je buddhismus, je kritický vůči levé straně, neboť levá cesta vede k záhubě, zatímco pravá je vodítkem k osvícení [17, 28].

Britská studie publikovaná v roce 2007, zahrnovala děti ve věku 10 – 11 let, u kterých hodnotila preferenci jedné ruky na základě dominantní ruky pro psaní. Skupina dětí byla analyzována podle zeměpisné oblasti. Vědci zjistili, že se leváctví v jednotlivých regionech výrazně liší. Sinistralita byla v Anglii významně častější než ve Skotsku a Walesu [58].

Různou míru výskytu levorukosti mohou odrážet buď environmentální, nebo genetické rozdíly mezi společnostmi. Matematický model ukazuje, že je možné rozlišit účinky různých sociálních tlaků a genových frekvencí, pokud jsou k dispozici údaje o rodinné anamnéze. Tento model naznačuje nejen to, že geografické rozdíly, ale i historické rozdíly primárně odrážejí změny v genové frekvenci spíše, než přímý sociální tlak [44].

Studie z roku 2010 porovnávala vývoj laterality ve dvou kulturách, které se lišily tlakem společnosti proti levorukosti. Tuniské děti, které rodiče vedou proti využívání levé ruky pro veškeré činnosti související s jídlem a konzumací, byly porovnány s francouzskými dětmi, které mohou využít levou či pravou ruku podle vlastního uvážení. Jedinci byli ve věku 5, 7 a 9 let. Pro porovnání laterality se testovala preference ruky (při psaní a provádění dalších 14 manuálních aktivit), dále rozdíl ve výkonosti pravé/levé ruky, oční preference, a také dominance nohou.

Výsledky ukázaly, že frekvence levorukosti a dominance levého oka byla u tuniských dětí nižší než u francouzských dětí; toto bylo zvláště průkazné ve věku 5 let. Tento rozdíl postupem času téměř vymizel u dětí na základní škole. Preference nohou se mezi oběma skupinami nelišila. Tuniské děti píšící pravou rukou, i když pravděpodobně zahrnovaly i některé děti, které možná nebyly praváci, nebýt kulturního tlaku, nebyly méně výkonné než francouzské pravoruké děti při testování 14 manuálních aktivit; dokonce ukázaly větší výkonnostní rozdíl ve prospěch pravé ruky než francouzské děti u „*pegboard task*“. Tyto výsledky mohou naznačovat, že kulturní tlak ovlivňuje výběr preference jedné ruky u dětí obzvláště v raném věku [59].

3.1 Muži versus ženy

Je známo, že u jedináčků je prevalence levé ruky u mužů o něco vyšší než u žen. Existují dvě linie důkazů vedoucí k myšlence, že dominance jedné ruky je na pohlaví vázanou genetickou vlastností. Prvním důkazem je zjištění celkového vyššího podílu leváků u mužů (13 %) než u žen (11 %). Druhým objevem je vliv mateřského účinku, při němž levoruká matka produkuje více levorukých potomků než levoruký otec [32, 60].

Karyotyp člověka se skládá z 23 párů chromozomů (celkem tedy 46 chromozomů). 22 párů autozomů (nepohlavní chromozomy, které jsou homologní a číslované 1 až 22) a 1 pár gonozomů (pohlavní chromozomy, které jsou heterologní – X a Y). Ženy mají 2 chromozomy X, zatímco muži mají 1 X a 1 Y chromozom. Teoretikové navrhuji dvě

možnosti. Gen na levorukost/pravorukost se nachází na X i na Y chromozomech na stejných místech nebo je lokalizován jen na X chromozomu bez závislosti na chromozomu Y [60].

Předpovědi jednotlivých návrhů lze ověřit pomocí dat z testování rodin. Například, pokud otec nese alelu na chromozomu X, může ho předat pouze jeho dceři, zatímco alelu na chromozomu Y mohou zdědit pouze synové. To znamená, že by sourozenci stejného pohlaví měli mít shodnou dominanci jedné ruky. Tato předpověď byla potvrzena stávajícími údaji. Genetici později přišli s další domněnkou, že existují dvě alely D a C, přičemž druhá alela kóduje náhodnou determinaci levostranné a pravostranné dominance, a také, že je gen pro levorukost recesivní a umístěný jak na chromozómech X, tak na chromozomu Y. Nicméně, domněnka existence genu podmiňujícího dominanci jedné ruky na X a Y chromozómech zůstává stále kontroverzní [55, 60, 61].

„Analýza vazby“ (anglicky: *Linkage analysis*) zcela nepodporuje teorii účasti chromozomů X a Y při určování dominance jedné ruky, ačkoli jedna studie ukázala, že opakování sekvence CAG v oblasti androgenového receptoru na chromozomu X je pravděpodobně spojeno s rozvojem preference jedné ruky. U žen se výskyt levorukosti zvýšil s počtem opakování sekvence, zatímco u mužů se počet snížil s počtem opakování. Toto zjištění podporuje úlohu testosteronu při určování preference jedné ruky. V nedávných formulacích teorie X – Y bylo navrženo, že dominance jedné ruky a cerebrální asymetrie jsou fakultativní znaky, které jsou všeobecně kódovány v lidském genomu, a že variace vedoucí ke vzniku schizofrenie nebo anomálie dominance jedné paže a cerebrální asymetrie jsou epigenetické, a proto nejsou kódované v nukleotidové sekvenci. Zdá se, že epigenetická změna prostřednictvím methylace DNA může být přenášena mezi generacemi [61].

3.2 Studie jedináčků a dvojčat

Údaje ze studií rodin jsou nejednoznačné, pokud jde o rozlišování „přírodních“ (vrozených) a výchovných vlivů na dominanci jedné ruky. Vyšetřování preference jedné ruky identických a dvouvaječných dvojčat nabízejí potenciální řešení tohoto dilematu [60].

Existují dva typy dvojčat (*gemini*), a tyto typy mají zcela odlišný původ. Monozygotní (MZ) či identická dvojčata pocházejí z rozdělení jediné zygoty (jednovaječná) a jsou tedy 100 % geneticky identické, zatímco dvojčata dizygotní (DZ) neboli fraternalní pocházejí z nezávislého uvolnění a následného oplodnění dvou vajíček dvěma odlišnými spermii (proto dvouvaječná), a sdílejí tedy v 50 % shodné genetické informace [32]. Jednovaječná dvojčata bývají vždy stejného pohlaví, zatímco dizygotní se v pohlaví mohou lišit [60].

3.2.1 Výskyt leváctví u jednovaječných dvojčat

Použití MZ dvojčat ve výzkumu dominance jedné ruky se stalo po čase velmi kontroverzní, neboť podskupina monozygotních dvojčat jsou dvojčata zrcadlově symetrická. Jejich mozkové závitky jsou v opačném směru a jejich dominance ruky a oka jsou na opačné straně. „Zrcadlový obraz“ jejich shodnosti je spojen s načasováním dělení jednoho oplozeného vajíčka na dvě – vznik dvojčat. Pokud dojde k rozdělení vajíčka během 72 hodin od oplodnění, každému dvojčeti se vytvoří vlastní membrána (označována poté jako *dichorionic diamniotic* monozygotní dvojčata), což představuje asi 70 % MZ dvojčat. Pokud k rozdělení dojde později (4. až 7. den), dvojčata sdílejí jednu z plodových membrán, nikoliv i druhou (poté jsou označovány za *monochorionic diamniotic* monozygotní dvojčata). Pozdější oddělení vajíček vede k tomu, že dvojčata sdílejí obě fetální membrány (*monochorionic monoamniotic* monozygotní dvojčata).

V minulosti vědci tvrdili, že „zrcadlová shodnost“ způsobuje odlišnosti (*discordant*) nebo opačnou dominanci jedné ruky u MZ dvojčat, která mění míru shody (*concordance*) mezi jednotlivci, kteří jsou geneticky totožní [60, 62, 63].

Nicméně, novější studie nenašly žádné rozdíly v dominanci jedné ruky mezi MZ dvojčaty různých typů. Tyto výsledky vyvrátily široce konstatovaná přesvědčení, že diskordantní dominance jedné ruky u MZ dvojčat je způsobena „zrcadlovým obrazem“ a otevírá dveře pro legitimní srovnání MZ a DZ dvojčat v dominanci jedné ruky [60, 62]. Jestliže geny hrají významnou roli při určování stranové dominance, pak by MZ dvojčata, která jsou geneticky identická, měla vykazovat 100 % shodu dominance ruky nebo mít alespoň vyšší procento shody než DZ dvojčata.

V následující Tabulce 1 jsou shrnuty údaje ze studií dominance jedné ruky u MZ a DZ dvojčat prováděných od počátku 20. století [60].

Dominance jedné ruky	Typy dvojčat	
	MZ (100% geneticky identická)	DZ (50% geneticky identická)
Konkordance (RR a LL) [%]	81	80
Diskordance (RL) [%]	19	20

Tabulka 1: Procenta konkordance a diskordance u dominance jedné ruky nalezené mezi MZ a DZ dvojčaty; upraveno podle: Zdroj tabulky [1].

V jedné z nejrozsáhlejších meta analýz dvojčat a jedináčků, které byly provedeny do roku 1999, se zjistil vyšší výskyt leváctví u dvojčat ve srovnání s jedináčky. Tato analýza neodhalila žádný rozdíl ve frekvenci levorukosti mezi monozygotními a dizygotními dvojčaty. Nicméně jednovaječná dvojčata se častěji shodovala na dominanci jedné ruky než dvojevaječná dvojčata, což je v souladu s genetickým modelem dominantní ruky [62].

Podle jednoho výzkumu z roku 2010 je u jedináčků leváctví pravděpodobně silně spojeno s nízkou porodní hmotností. U dvojčat je tato asociace slabší (zdánlivě jako důsledek silnějšího vztahu mezi pořadím narození prvního a druhého dvojčete). Předpokládá se, že nebezpečí související s prvorozeným dvojčetem (např. trauma) jsou blíže spjata s leváctvím, než nebezpečí související s narozením v pořadí druhého dvojčete (například hypoxie) [63].

3.3 Známé osobnosti s vrozeným leváctvím

V historii se nachází mnoho zmínek o slavných lidech, ale jen málokdo tuší, že se někteří z nich narodili jako leváci. Mezi tyto významné představitele patří například dobyvatel a panovník Alexandr Veliký, Julius Caesar, Johanka z Arku či královna Viktorie. Významnými umělci, kteří ke své práci využívali levou ruku, byli například Leonardo da Vinci, Pablo Picasso, Petr Paul Rubens, Alfons Mucha či Josef Lada. Z oblasti hudby slavný Ludwig van Beethoven, Wolfgang Amadeus Mozart, Johann Sebastian Bach, Jimi Hendrix či ze současného moderního umění Eminem, Pink, Ringo Starr, Justin Bieber nebo Sir Paul McCartney. Mezi známými vědci se vyskytují jména jako Marie Curie Skłodowska, Isaac Newton, Ivan Petrovič Pavlov, Niels Bohr, Nikola Tesla, Stephen Wolfram, Bill Gates či Stephen Hawking. Zástupci leváků nechybí ani v herecké komunitě, ke které se řadí například Tom Cruise, Keanu Reeves, Woody Allen, Bruce Willis, Julia Roberts, Oprah Winfrey, Kim Basinger, Angelina Jolie či komik Jim Carrey nebo geniální Charlie Chaplin [4]. Zástupci leváků se objevili i mezi americkými prezidenty – Barack Obama, Bill Clinton, George Bush, Gerald Ford nebo ambidextři Ronald Reagan či James Abram Garfield, dále také bývalý Prime Minister David Cameron či britský princ William [24, 25, 64]. Všechny tyto osobnosti se určitým a nezapomenutelným způsobem zapsaly a někteří stále zapisují do historie lidstva.

4 VÝVOJ MOZKU

– FYZIOLOGICKÉ A GENETICKÉ POZNATKY

Vývoj lidského mozku byl velmi zdlouhavý. Došlo při něm ke změnám v reorganizaci mozkových částí, ke změnám velikosti mozku, a to jak k hyperplazii, tak i k hypertrofii, které vedly k neurogenomickým změnám, někdy nezávisle na sobě, někdy synergicky. Přímý důkaz těchto změn spočíval v paleoneurologii založené na studii odlitků vnitřku lebeční dutiny daného exempláře (tzv. endocast), které poskytovaly nejlepší důkaz objemových změn velikost mozku v průběhu času [65].

Lateralizace mozku je funkční specializací mozku s některými funkcemi ovládanými pravou a levou hemisférou. Toto je základní organizační princip mozku v celé živočišné populaci s důležitými důsledky pro chování, vnímání a kognitivní procesy [66].

Jeden z prvních, který naznačil vztah mezi hemisférami mozku a specializovanými funkcemi v těle, byl francouzský patolog a antropolog Pierre P. Broca (1824 – 1880). Když P. P. Broca a Mark Dax v polovině 18. století zjistili, že produkce řeči může být lokalizována na určité části levé hemisféry mozku, učenci rychle postulovali vazbu mezi tímto zjištěním a lateralizací motorického chování [8, 21].

Broca měl pacienta, který během života utrpěl závažné postižení na úrovni produkce řeči, avšak jeho schopnost porozumět řeči zůstala nepoškozena. Přezdívali mu Tan-Tan, podle jediné slabiky, kterou byl schopen vyslovit. Při jeho pitvě zjistil, že došlo k postižení frontálního laloku levé hemisféry [67]. Vědci na základě tohoto zjištění zastávali názor, že pokud je řeč laterálně u praváků situována v levé hemisféře, poté musí být laterálně v pravé hemisféře u leváků. Myšlenka, že jazyk je lateralizovaný v hemisféře opačně preferované ruky, byla nesprávně nazvaná „Brocovo pravidlo“ a průkopnické práce v neuropsychologii ji později vyvrátily. Moderní výzkumy totiž ukazují, že jazykové funkce (později označeny jako Brocovo centrum) jsou u většiny lidí umístěny v levé hemisféře, bez ohledu na to, zda jsou leváci či praváci [21]. V dnešní době je tedy názor takový, že levá hemisféra je téměř vždy dominantní pro jazyk u praváků, a to přibližně z 95 %, a i u leváků je jazykově dominantní v 50 – 70 % [68].

4.1 Fyziologie a členění mozku

Lidský mozek (*encephalon, cerebrum*) je orgán, který slouží jako řídicí a organizační centrum nervové soustavy. Řídí veškeré motorické i smyslové výkony. Mozek člověka je asymetrický morfologicky, biochemicky i funkčně. Největší část mozku tvoří tzv. přední mozek (*prosencephalon*), který se skládá ze dvou hemisfér – pravé a levé. Ačkoliv se obě hemisféry funkčně (viz Obrázek 1) a anatomicky odlišují, není zde úplně jasné, jaké genetické faktory tuto asymetrii centrálního nervového systému způsobují. Obě hemisféry jsou vzájemně propojeny, úzce spolu spolupracují a vyměňují si důležité informace. Jsou organizovány kontralaterálně (křížově), tzn., že levá hemisféra řídí pravou polovinu těla a pravá naopak levou. Pokud jsou přenášeny informace stejnostranně, nazývá se přenos ipsilaterálním a příkladem je přenesení pachové informace z jedné nosní dírky do stejnostranné hemisféry. Pokud dojde k obecnému poškození jedné z hemisfér, následuje výpadek všech sensorických a motorických funkcí na protilehlé straně těla [52, 69].

K významnému rozšíření znalostí o funkci mozkových hemisfér přispěly nejvíce studie lidí postižených mozkovou mrtvicí, neboť víme-li, která strana mozku byla postižena mrtvicí, a vidíme, které funkce mozku nejsou poškozené, a které naopak byly zasaženy, můžeme vyslovit oprávněnou domněnku o tom, která strana mozku řídí, kterou funkci [2].

Levá hemisféra

Levá mozková hemisféra, tedy hemisféra ovládající pravou polovinu těla, je většinou upřednostňovaná pravorukými jedinci. Řídí řečové a jazykové funkce, čtení, psaní, logiku a matematiku, uvědomuje si fakta a je zodpovědná za dedukci a analýzu. Ovládá motorické a praktické činnosti. Umožňuje nám vnímat jemné detaily a lineární myšlení [52].

Pravá hemisféra

Pravá hemisféra je upřednostňovaná levorukou populací. Řídí levou polovinu těla, prostorové vnímání, odpovídá za umělecké nadání a tvořivost, emoce, intuici a mimiku obličeje. Je centrem pro vizuální procesy. Umožňuje nám představivost a nápaditost. Na rozdíl od levé hemisféry je zde uloženo centrum pro komplexní chápání a celistvý pohled, dokáže vnímat několik procesů současně a myslí paralelně [52].

Bylo zjištěno, že 96 % vyhraněných praváků v porovnání s 73 % vyhraněnými leváky podle jedné studie vykazuje jazykovou dominanci v levé hemisféře. Uvádějí také, že klasický model rozložení jazykových center v oblastech Brocova a Wernickeho levé hemisféry je příliš

zjednodušující. Zpracování jazyka zahrnuje komplexní síť oblastí distribuovaných v celém v mozku [70].

K současnému dichotomickému pojetí dominance mozkových hemisfér přispělo několik výzkumů. Vědec Juhn Wada provedl v Japonsku v letech 1948–1954 test na 80 pacientech pomocí 10 % sodiumamylalové injekce (v dávkách 50 – 300 mg), který spočíval v její aplikaci před operací mozku. Na základě jejího působení byla touto látkou vyřazena jedna z mozkových hemisfér. Následnými řečovými testy bylo zjištěno, že všichni praváci a 60 až 70 % leváků má pro řeč dominantní levou mozkovou hemisféru [71].

V dalším testu, který zavedla Doreen Kimura, byla testované osobě do každého ucha pouštěna odlišná série čísel, kterou měla sledovaná osoba opakovat. Ukázalo se, že testovaný subjekt přežíkal tu řadu čísel, která byla pouštěna do jeho vedoucího ucha, tudíž byla informace zpracována dominantní mozkovou hemisférou. Výsledky výzkumu D. Kimurové se shodovaly s J. Wadovými, neboť 100 % praváků a většina leváků vnímala řečové podněty levou mozkovou hemisférou [72, 73].

Tabulka 2 zobrazuje Zocheho seřazení funkcí mozkových hemisfér:

PRAVÁCI	LEVÁCI
levá hemisféra	pravá hemisféra
analytické, logické myšlení, lineární uvažování	syntetické, ucelené, komplexní myšlení, s četnými návaznostmi, propojeními a vztahy probíhajícími v jednom čase
čas	prostor a perspektiva
centrum řeči	tělesná představivost, prostorová orientace
gramatikální porozumění	obrazová představivost, rozpoznávání obličejů
řečové pochopení významu slov	paměť na melodie
slovní zásoba, zejména abstraktní pojmy	rozpoznání výšek a hloubek tónů v hlase, empatie, sociální vnímání
intelekt	intuice

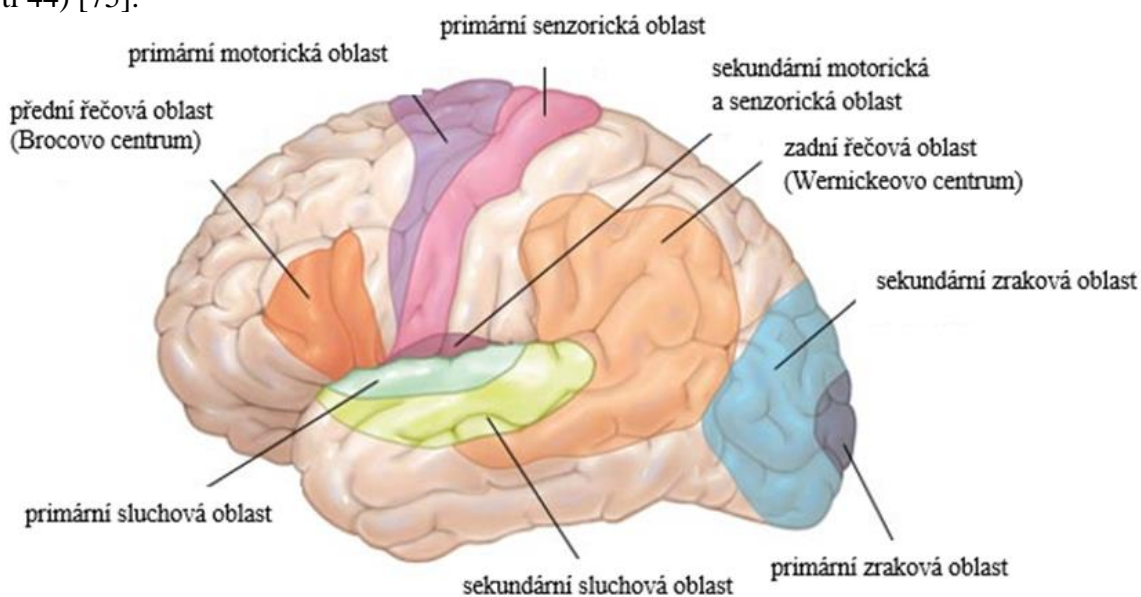
Tabulka 2: Rozdělení hemisfér a jejich vlastnosti a funkce, převzato z: Zdroj tabulky [2]

4.1.1 Brocovo centrum

Brocovo centrum je oblast mozku, která obsahuje neurony spojené s funkcí řeči. Obvykle je spojována s produkcí řeči a následkem jejího poškození je Brocova afázie neboli motorická (expresivní) afázie. Jedná se o poruchu vyjadřování, kdy člověk mluví málo, řeč není plynulá a je mu špatně rozumět, jedinec mluvenou i psanou řeč chápe, ale není ji schopen verbálně ani písemně vyjádřit [74, 75].

Tato oblast se nachází v části levého frontálního laloku koncového mozku, přesněji v dolním frontálním gyru (*gyrus frontalis inferior*). Toto umístění je proměnlivé na základě různé dominance hemisfér mozku daného jedince [68]. Bylo objeveno v roce 1861 P. Brocou, který zjistil, že hraje důležitou roli při korigování mimických svalů a generování řeči. U většiny lidí je Brocovo centrum zásadní pro produkci plynulé, správně artikulované řeči [74].

Brocovo centrum leží specificky ve třetím čelním záhybu, těsně před primárním motorickým kortexem a těsně nad Sylviovou rýhou (*fissura lateralis*). Je tvořeno dvěma oblastmi: *pars triangularis* (v Brodmannově oblasti 45) a *pars opercularis* (v Brodmannově oblasti 44) [75].



Obrázek 1: Funkční členění lidského mozku; upraveno podle: Zdroj obrázku [3]

4.1.2 Wernickeova oblast

Wernickeova oblast, popsaná německým lékařem a psychiatrem Carlem Wernickeem, se nachází v Brodmannově oblasti (BA, 22, 39 a 40). Leží v zadní části *gyrus temporalis superior* a má zásadní význam pro vývoj a užívání jazyka. Je obvykle spojována s jazykovým porozuměním a její poškození vede k Wernickeho afázii neboli senzoričké (percepční) afázii,

kteřá se projevuje neschopností chápat mluvenou i psanou řeč, jinými slovy je řeč plynulá, ale postrádá smysluplnost [68, 75].

V některých případech poškození Brocovy a Wernickeho oblasti nedojde ke vzniku verbálních poruch. U některých jedinců s afázií byly naopak léze lokalizovány na netypických místech mozku, například v opačné hemisféře. Tyto poruchy se označují jako tzv. **zkřížené afázie** a nejsou zcela ojedinělé. Dokazují, že existují jedinci s atypickou lateralizací funkčních oblastí [76]. Výskyt afázie u praváků s poškozením pravé hemisféry mozku je neobvyklý. V takových případech je dominantní hemisféra často nejistá kvůli rané levorukosti, rodinné sinistralitě, neznámé historii poškození mozku v dětství nebo při dlouhodobých záchvatových poruchách [77].

Studium lézí a funkční magnetická rezonance u zdravých jedinců naznačují, že porozumění a produkce řeči jsou umístěny v levé hemisféře mozku a odchylky od této asymetrie mají zapříčinění u vývojových vad, například u dyslexie, schizofrenie či u autismu [75].

Další studie prováděná pomocí fMRI (funkční magnetická rezonance) měla za cíl zjistit četnost rozložení funkčních oblastí pro řeč a jazyk u dětí a adolescentů (80 jedinců ve věkovém rozmezí 5 – 18 let). Porovnávala aktivitu dvou oblastí mozku, a to čelního laloku a oblasti spánkové a temenní (tedy Brocovo a Wernickeovo centrum řeči), mezi praváky a „nepraváky“ (leváky a ambidextry). Během monitorování poslouchali podstatná jména a měli za úkol i vybavit co nejvíce sloves s nimi souvisejících. 25 dotazovaných (tedy 85 %) „nepraváků“ vykazovalo typické umístění Brocova centra v levé hemisféře, u 3 dotazovaných (tedy u 11 %) byla prokázána symetrie v aktivitě oblastí snímaných fMRI mezi hemisférami a 1 dotazovaný (tedy 4 %) vykazoval aktivitu v pravé hemisféře. Naproti tomu u praváků byla zjištěna typická levostranná lateralizace Brocova centra (tedy umístění v levé hemisféře), a to u 50 dotazovaných (tedy u 93 %), symetrická lateralizace u 3 dotazovaných (tedy u 6 %), zatímco pouze 2 % respondentů vykazovala pravostrannou hemisférickou lateralizaci.

U Wernickeova centra byl rozdíl mezi praváky a leváky (či ambidextry) ještě znatelnější. Typická lateralizace byla zaznamenána v 67 %, symetrická lateralizace v 22 % a zrcadlová (opačná) v 11 %. U praváků byla typická lateralizace zjištěna v 91 %, symetrická v 7 % a zrcadlová ve 2 % [78].

4.2 Morfologické odlišnosti mozku praváka

Mnohé pokusy o vysvětlení laterality vedly k prozkoumání případného anatomického substrátu jak na makroskopické, tak i na mikroskopické úrovni [79].

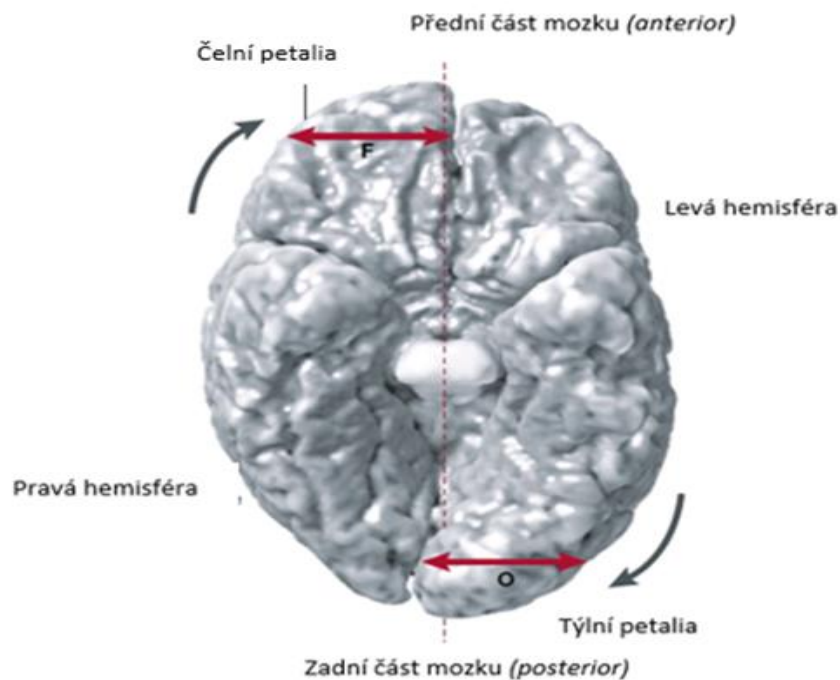
Geschwind si jako první všiml, že poloviny mozku nejsou zcela symetrické (viz Příloha G, H). Zjistil, že část mozku, zvaná Sylviova rýha (*sulcus lateralis*), je na levé straně mozku delší a širší než na pravé. Tato informace měla velký význam, neboť jde o část mozku, která zprostředkovává příjem řeči. U praváků byly nalezeny strukturální rozdíly, které zahrnovaly větší hloubku levého centrálního sulku (*sulcus centralis*, Rolandova brázda) v levé hemisféře, větší objem M1 vlevo a větší objem *globus pallidus*. Část spánkového laloku – *planum temporale* je delší a větší v levé mozkové hemisféře. Toto zjištění přimělo vědce a psychology zkoumat vztah mezi dyslexií a asymetrií *planum temporale*. Zjistili, že dyslektikové mívají obvykle stejně veliké *planum temporale* na obou stranách mozku, zatímco nedyslektikové mají *planum temporale* delší a širší na levé straně [2, 80].

Sainburg a Kalakanis uvádí, že laterality byla propojena s morfologickou asymetrií v motorickém kortexu (*gyrus praecentralis*), bazálních gangliích (*nuclei basales*) a v mozečku (*cerebellum*). Dále se u praváků jeví hlubší *precentrální sulcus* v levé hemisféře než v pravé. Změny objemu potvrzují tuto myšlenku i z mikroskopického hlediska [79, 81].

Tzv. *petalia*, neboli otisky na vnitřním povrchu lebky, poskytují negativ mozkové povrchové topologie a odhalují výraznou regionální asymetrii ve tvaru a velikosti hemisfér. Jiná definice vysvětluje tento pojem jako prohlubně lebeční kosti, které odpovídají morfologii mozku. Ačkoli *petalia* v pravém frontálním a levém okcipitálním laloku jsou viditelná téměř u všech jedinců, jsou výraznější u praváků [3, 76].

U praváků je týlní lalok výrazně širší v levé hemisféře, zatímco frontální lalok je širší v pravé hemisféře. Zjednodušeně řečeno, pravá hemisféra obvykle přesahuje levou hemisféru vpředu, levá zas přesahuje vzadu. Oba tyto laloky více vyčnívají, což způsobuje anatomické uspořádání známé jako „*Yakovlevian torque*“ (viz Obrázek 2) a vytváří tak představu pootočeného mozku proti směru hodinových ručiček [2, 76, 82].

Níže uvedený obrázek znázorňuje trojrozměrné vykreslení spodní části povrchu lidského mozku. Byl odvozen z *in vivo* magnetické rezonance (MRI) a byl zvětšen pro ilustraci prominentních asymetrií nacházejících se v hrubé anatomii obou mozkových hemisfér. Lze zaznamenat viditelné výčnělky hemisfér, přední a zadní, stejně jako rozdíly v šířkách čelních (F, frontálních) a týlních (O, okcipitálních) laloků. Tyto výčnělky vytvářejí již zmíněné otisky na vnitřním povrchu lebky, známé jako *petalia* [82].



Obrázek 2: Yakovlevian torque; upraveno podle: Zdroj obrázku [4]

Rozdíly mezi pravou a levou mozkovou hemisférou lze postřehnout již u lidských plodů, z čehož vyplývá, že nejsou výsledkem pozdějšího naučení se řečovým dovednostem během života a jejich intenzivního používání [83].

5 DETERMINACE LATERALITY V PRENATÁLNÍM VÝVOJI

Vývoj plodu

První známky pohybů plodu jsou pozorovány již po 7 týdnech těhotenství, ale zahrnují pohyby celého těla, a tak pohyby končetin, které se vyskytují v tomto okamžiku, jsou pravděpodobně pouze výsledkem pasivního pohybu končetin způsobeného pohyby pocházejícími z oblasti páteře a zad [84].

Lateralizace motorického chování se začíná objevovat již mezi 9. – 10. týdnem těhotenství s pohybem jedné paže, a je na vrcholu mezi 15. – 18. týdnem těhotenství [10].

Ultrazvukové vyšetření (viz Obrázek 3) v 10. týdnu těhotenství ukázalo, že v 85 % případů lidský plod pohyboval pravou rukou častěji než levou. Ve 20. týdnu těhotenství lze již touto metodou detekovat rozdíly v morfologii mozku [21].

Studie z roku 2005 sledovala 75 jedinců, u kterých se ve fetální fázi sledovalo sání palce (viz Tabulka 3). Vyšetřovala se jejich preference ruky, která byla hodnocena modifikovanou verzí *Edinburgh Handedness Inventory* ve věku 10 – 12 let. Ze 60 pravorukých plodů byli jedinci pravorucí i postnatálně; 10 z 15 levorukých plodů zůstalo leváky i postnatálně. Plody mužského pohlaví, které si cucaly levý palec, byly později v dětském věku častěji označeny za praváky než plody ženského pohlaví. Studie naznačuje, že prenatální exhibice lateralizovaného motorického chování, v tomto případě sání palce, skutečně souvisí s postnatální dominancí jedné ruky, pravděpodobně silněji u „pravorukých plodů“ než u „plodů levorukých“ [85].

Gestační věk (v týdnech)				
	15–21	28–34	36–Porod	Celkem
Pravý palec	71	88	93	252
Levý palec	10	4	8	22

Tabulka 3: Počet jedinců (n = 274), u kterých se sledovalo sání palce na pravé či levé ruce ve třech stádiích jejich gestačního vývoje; upraveno podle: Zdroj tabulky [5]



Obrázek 3: Ultrazvukový obraz plodu sajícího si pravý palec. Převzato z: Zdroj obrázku [6]

Studie zkoumající 10 plodů zjistila, že v 38. týdnu těhotenství svoji hlavu otáčel plod častěji na pravou stranu. Před tímto věkem nebyla ještě preference strany otočení hlavy pozorována [84].

V dlouhodobé studii 49 dětí (27 chlapců, 22 dívek) byl zkoumán 11 položkový inventář na rozlišení preference jedné ruky v 18, 24 a 30 měsících věku dítěte. V 18 měsících, mělo již téměř 75 % chlapců a dívek zjevnou preferenci jedné ruky; 73 % dívek a 59 % chlapců byli praváci. Po vyhodnocení výsledků došli vědci k závěru, že u 60 % až 70 % dětí se ruční preference od 18. do 30. měsíce věku nezměnila [86].

Věk, ve kterém se začne odlišovat laterální preference, se výrazně liší. Nejčastěji je to v rozmezí od 1 do 5 let s průměrem rozmezí tří let. Ruka, kterou dítě preferuje v raných stádiích vývoje, se může během života změnit ze dne na den [4].

Testosteron

Sekrece testosteronu v prenatálním období vývoje zárodku a plodu hraje hlavní roli, nejen v diferenciaci pohlaví, ale i v lateralizaci mozku a chování. Ovlivňuje tedy sexuální diferenciaci mozku. Plody mužského pohlaví jsou vystaveny působení vyšší hladiny testosteronu než plody ženského pohlaví. Tento poznatek odpovídá na otázku, proč je mezi muži 1,5 krát více leváků než mezi ženami. Po desetiletích výzkumu je však role hladiny prenatálního testosteronu ve vývoji mozku lateralizace stále nejasná [30, 66].

Některé teorie uvádějí, že se více leváků rodí během určitých měsíců v roce, kvůli sezónním výkyvům hladin pohlavních hormonů. Tyto teorie však nejsou podporovány většinou stávajících dat [60].

Geschwind a kol. v 80. letech studovali vyšší prevalenci levé ruky mezi mužskými homosexuály a shrnuli tato data do takzvaného modelu GBC. Geschwind tehdy vysvětloval tento nálezn komplikovaným způsobem. Navzdory nižším hladinám testosteronu u dospělých homosexuálů je možné, že během vývoje plodu byly původně vystaveny abnormálně vysokým hladinám testosteronu, kvůli nadměrnému stresu matek v těhotenství. Tyto vysoké hladiny testosteronu byly pouze dočasné, a nakonec klesly na trvale nízké hladiny. Toto extrémní kolísání v průběhu vývoje plodu má za následek produkci leváků mužských homosexuálů [60].

Ztráta axonů

Přirozeně se vyskytující ztráta axonů z kalózního tělesa (*corpus callosum*) (buď symetrická asymetrie, s nebo bez smrti neuronů) může být jedním z mechanismů, který je základem embryonálního vývoje preference jedné ruky a hemisférických anatomických a funkčních asymetrií u mužů. Byly zaznamenány potvrzující důkazy této hypotézy ze zprávy o zvýšené prevalenci levé ruky u dětí narozených předčasně v gestačním věku před pravděpodobným nástupem ztráty axonu. Praktické důsledky této hypotézy pro klinické řízení u neonatální intenzivní péče jsou stále předmětem diskuse. Předpokládá se, že průběh ztráty kalózních axonů může mít genetickou složku, která je spojena s vlivem vzájemným se na pohlaví jedince a která je modifikovatelná prenatálními a časnými postnatálními vlivy [87].

Věk matky

Pokročilý věk matky je známým rizikovým faktorem porodu. Paul Bakan zjistil, že je zvýšený výskyt leváctví mezi lidmi narozenými v této rizikové skupině, i když nebyl jinými vědci jeho názor podpořen [60]. Studie z roku 1991 uvádí, že nebylo zjištěno žádné významné spojení mezi věkem matky a vznikem leváctví/praváctví u potomků [88].

Studie z roku 2012 tuto hypotézu do jisté míry upřesnila, neboť z 25 studovaných potenciálních stresorů vykazoval pouze věk matky významnější souvislost s levorukostí u potomstva. Nicméně byl tento vztah poměrně slabý a nepředstavoval více než 1/84 z přibližně 11 % výskytu leváctví v celé populaci [89].

Nízká porodní váha a stres matky

Dalšími faktory, které pravděpodobně ovlivňují rozvoj leváctví, je nízká porodní váha a porodní stres a s ním související i trauma v děloze matky či obtížný a dlouhotrvající porod [30].

Na počátku 20. století vědci diskutovali o tom, že by mohla existovat forma patologického leváctví, která by mohla vzniknout na základě komplikací, ke kterým dochází před, během nebo krátce po porodu. V roce 1970 navrhl Paul Bakan specifický faktor komplikací porodu, který by mohl ovlivnit stranovou preferenci. Argumentoval v dnešní době již známý fakt, že nedostatek kyslíku často vede k poškození mozku. Levá hemisféra, která kontroluje pohyby pravé ruky, má větší metabolismus, a proto potřebuje větší zásobu kyslíku. Pokud dojde při nedostatku kyslíku (anoxie), například během velmi stresového porodu, je pravděpodobnější, že dojde k poškození funkce levé hemisféry a k prohození preference jedné ruky z pravé na levou. Dále navrhl, že druhý, třetí či čtvrtý porod nebo pozdější porody již nesou velmi nízké riziko stresu při porodu. První porod představuje vyšší riziko, neboť matka ještě nikdy nerodila a také může být poměrně mladá [60].

Děti narozené s extrémně nízkou porodní hmotností (méně než 1000 g) vykazují vyšší míru výskytu leváctví či „nepraváctví“ ve srovnání s ostatními dětmi. Nicméně, tyto studie nevykazují spojitost k žádnému ukazateli prenatálního poškození mozku [30, 60].

Švédská studie publikovaná v roce 2008, byla založena na prospektivní skupině těhotných žen a následně i jejich potomků. Byly sledovány děti do věku pěti let (n = 1714). Mezi předměty studie rizika ohrožení prenatální expozicí patřil počet ultrazvukových vyšetření a stres a „nepohoda“ matek během těhotenství. Psychické zdraví dítěte, zahrnující příznaky poruchy pozornosti při hyperaktivitě (ADHD), jazykové obtíže a další problémy s chováním dítěte, bylo posuzováno prostřednictvím hodnocení matek a/nebo učitelů mateřských škol. Prenatální expozice depresivních symptomů matek, kouření v těhotenství a kritické životní události, byly spojeny se zvýšeným rizikem vzniku leváctví a ambidextrie. Tato studie naznačuje, že ambidextrie může být ukazatelem, jak závažnosti prenatálního působení mateřského stresu, tak i zvýšeného rizika vzniku symptomů ADHD v dětství. Výsledky této studie podporují myšlenku, že plodové prostředí hraje roli v následném duševním zdraví dítěte [90].

Na základě rovnosti věku matky, pohlaví dítěte a rodičovské dominance jedné ruky, nebyla zjištěna žádná souvislost mezi levorukostí/pravorukostí a počtem ultrazvukových vyšetření [60, 90].

Hypoxie

Všechny plody obývají během 9 měsíců těhotenství poměrně hypoxické prostředí, které musí matka z vnějšího prostředí zásobovat kyslíkem skrz pupečník. Dlouhá cesta kyslíku do tkání plodu vede každoročně k úmrtí přibližně 3 milionů plodů jako mrtvě narozených, ve srovnání s půl milionem potratů během těhotenství [60, 91].

Nízké hladiny kyslíku ve vyvíjejících se embryích stimulují tvorbu faktorů indukujících hypoxii, které mohou mít vliv na vývoj struktury orgánů, včetně krevních cév. Rozdíl, který se projevuje ve vaskulárním systému mezi oběma subklaviálními arteriemi v časném fetálním stádiu, může mít význam pro vznik leváctví [91].

Je známo, že je vyšší výskyt levorukosti u mužů, dvojčat, předčasně narozených dětí a u dětí narozených matkám kuřačkám, jež mohou představovat podmnožinu s méně výrazným rozdílem v okysličování mezi dvěma subklaviálními arteriemi během fetální fáze. Tato hypotéza, pokud se ukáže jako správná, nejen vyplňuje mezery v pochopení lidské dominance jedné ruky a lateralizace, ale také otevírá dveře novým výzkumům, které se zaměřují na dostupnost energie a okysličování tkání *in utero* a její dopad na život jedince [30, 60, 91].

6 LEVORUKOST A DĚDIČNOST

Dominance jednoho z párových orgánů a jazyková lateralizace jsou pravděpodobně částečně podmíněny genetickými vlivy. Předpokládá se, že přibližně 40 interagujících genů (a potenciálně i více), může mít vliv na ontogenezi hemisférické nesouměrnosti [92].

Mnoho studií se shoduje na předpokladu polygenního modelu levo-/pravostranné dominance. To znamená, že velké množství genetických faktorů s malým aditivním účinkem, může přispět ke změně vlastností. Vedlejší genetické faktory ukázaly, že představují vliv zhruba z 1/4, přičemž zbytek tvoří nesdílené environmentální vlivy [93].

6.1 Teorie dědičnosti

V rané fázi zkoumání se objevilo hned několik prvotních teorií a hypotéz, které se snažily odpovědět na otázku dědičnosti leváctví.

Mezi jednu z prvních teorií patřilo kontroverzní tvrzení, které označovalo praváctví za geneticky podmíněný znak a leváctví za projev patologie či nemoci. Zajímavé je, že tato hypotéza má řadu korelačních zjištění ukazujících na vztah mezi porodním traumatem a vyšším výskytem leváctví. Kromě toho převládá i názor, že leváctví souvisí s kognitivními poruchami, jako je autismus nebo schizofrenie [2].

Následující dvě teorie jsou založeny na existenci určitého genu či genů, které neurčují, zda bude jedinec levák či pravák, ale spíše určují, zda bude mít tendenci k tomu, aby se u něj projevila pravorukost.

Jedná se o teorii laterality od Marian Anett, která má původ v Mendelovské dědičnosti a nazývá se „**Right-Shift**“ teorie. Teorie je založena na mnohaletém sbírání dat a je sestavena z výsledků mnoha vědeckých časopisů. Je to jedna z prvotních teorií, která představuje slibnější způsob vysvětlení preference pravé paže. Vědci se domnívali, že 1 gen podmiňuje jak levorukost/pravorukost, tak i jazykovou lateralizaci. Tento model předpokládá existenci alely (RS +), která vede k rozvoji jazykových schopností a výkonnosti ruky v levé hemisféře. Recesivní alela (RS –) údajně nemá mít vliv na lateralizaci, což snižuje „*the right shift*“ (možný překlad „posun doprava“) u jednotlivců (RS +). Člověk tedy může zdědit (RS +) nebo (RS –) alelu, které společně tvoří kombinaci třech genotypů, a to (RS ++), (RS + –) a (RS – –). U homozygotních (RS – –) jednotlivců je dominance levé či pravé ruky a jazyková lateralizace náhodně určena. Zjednodušeně řešeno, pokud člověk zdědí „*the right shift*“, projeví se u něj s největší pravděpodobností pravorukost. Pokud ho daný jedinec nezdědí, bude preference

jedné paže určena náhodně, se stejnou pravděpodobností výskytu pravorukosti i levorukosti. Tento pohled naznačuje, že praváctví je oproti leváctví určeno geneticky. „*The right shift*“ faktor výhodně lokalizuje jazyk v levé hemisféře a způsobuje související oslabení levé ruky.

Anetteové model má po celé roky své kritiky a odpůrce, ale i přesto někteří z nich připouštějí, že návrh tohoto genetického kódu pro přítomnost či absenci genu pro levorukost je jedinečným krokem k porozumění genetiky preference jedné ruky [60, 92, 94].

Podobná genová teorie byla koncipována britským profesorem medicíny a psychologie **Chrisem McManusem** v roce 1984, který navrhl dextrální alelu (D), která by vedla k 100 % pravorukosti a jazykové dominanci levé hemisféry, pokud by se vyskytl homozygot (DD). Náhodná („*chance*“) alela (C) nemá vliv na lateralizaci. Teorie předpokládá, že alely D a C jsou kodominantní a produkují 3 genotypy, DD, DC a CC. Takže pravostranná a levostranná dominance se vyskytují s pravděpodobností 50 % v homozygotní variantě (CC). Fenotyp heterozygotu (DC) byl navržen tak, aby vyústil v 75 % pravděpodobnosti pravostranné dominance. Někteří vědci přišli také s hypotézou, že gen D je hlavním faktorem při diferenciaci lidí od ostatních lidoopů před 2-3 miliony lety [60, 92, 95].

Tyto rané genetické teorie jsou ovšem pouze řízeny fenotypově a nejsou podpořeny důkazy v molekulární genetice [92].

Psycholog **Michael Corballis**, který podporuje McManusovu genovou teorii, se domnívá, že tyto jedinečné lidské alely se objevily až poněkud později, a to díky náhodné mutaci v určitém bodu vývoje *Homo sapiens* v Africe zhruba před 150 000 až 200 000 lety a populací se poměrně rychle rozšířily. Dále také tvrdí, že heterozygotický účinek by mohl vysvětlit zřejmou stabilitu v relativních poměrech u leváků a praváků. Corballis se svými myšlenkami zachází až tak daleko, že naznačuje, že by evoluce lidské řeči mohla mít spojitost mezi řečí a gesty, takže lateralizace mozku mohla být sama o sobě zodpovědná za naše asymetrické používání paží [96].

Oproti těmto raným teoriím, řada studií dvojčat odhaduje, že přibližně 25 % odchylek v datech o levorukosti/pravorukosti je způsobeno aditivními genetickými účinky. Zdá se, že se jedná o vliv geneticky nepodmíněných faktorů. Ve skutečnosti totiž nebyl identifikován pouze jeden gen, jakožto potenciální determinant dominance jedné ruky a jazykové lateralizace [92].

Samostatným genem, který byl spojen s jazykovou evolucí, byl gen **FOXP2**. Je to první gen relevantní pro lidskou schopnost rozvíjet jazyk a vokální produkce u ptáků a savců. Objevil poté, co bylo zjištěno, že asi polovina členů rodiny měla bodovou mutaci tohoto genu, který způsobil vážný nedostatek a poruchu v artikulované řeči. Pro získání běžného mluveného jazyka jsou požadovány dvě funkční kopie FOXP2. Na rozdíl od nepostižených rodinných příslušníků nedokázali všichni aktivovat Brocovu oblast, když byli požádáni, aby tiše generovali slova, a nevykazovali žádnou konzistentní asymetrii [61, 97].

V roce 2002 výzkumníci sekvenovali komplementární DNA, která kóduje protein FOXP2 u šimpanzů, goril, orangutanů a u *Makak rhesus* a myši a srovnávali je s lidskou cDNA. Také zkoumali intraspecifickou variaci lidského genu FOXP2. Ukázali, že lidský FOXP2 obsahuje změny v kódování aminokyselin a vzor nukleotidového polymorfismu, což silně naznačuje, že tento gen byl cílem výběru během nedávné lidské evoluce [97].

Nedávná studie také ukazuje rozšířené anatomické rozdíly mezi postiženými a neovlivněnými členy rodiny, včetně bilaterálního snížení *caudate nucleus* u postižených členů spolu s redukcí šedé hmoty v Brocově oblasti vlevo. Všichni postižení jedinci byli praváci, to znamená, že efekt mutace ovlivnil mozkové obvody zapojené do řeči a možná i obecněji v jazykových a jiných motorických dovednostech, avšak nikoli v samotné dominanci jedné ruky. Ačkoli je vývoj savců vysoce konzervativní, lidský gen FOXP2 se liší ve dvou lokalitách od genu šimpanze, což vede k názoru, že hraje roli ve vývoji jazyka. Důkazy, že nejnovější mutace byla přítomna také v neandertálské DNA, znovu argumentuje proti teorii "velkého třesku", že jazyk se u lidí vyvinul unikátně [61].

V roce 2007 skupina vědců z Oxfordské univerzity objevila gen nazvaný **LRRTM1** (*Leucine-Rich Repeat Trans-Membrane 1*) v oblasti 2p12-q11. Je to první gen spojený se zvýšenou pravděpodobností výskytu leváctví, jehož varianty také mírně zvyšují riziko psychotických mentálních onemocnění, jako je schizofrenie. Avšak dědičnost tohoto genu se projeví pouze tehdy, pokud je gen zděděn z otcovy strany. Zda se tato teorie ukáže jako pravdivá, či bude jen doplňující složkou „*The Righth-Shift*“ teorie, se teprve ukáže [56].

Další skupina oxfordských výzkumníků v roce 2010 popsala vazbu mezi variantou genu **PCSK6** (*proprotein convertase subtilisin/kexin type 6*), také znám jako *PACE* a leváctvím/praváctvím u dětí s poruchami souvisejícími s jazykovými funkcemi, jako je například dyslexie. Zdá se, že tento gen má vliv na počáteční modelování embrya (jeho lateralizaci), což ovlivňuje vývoj cerebrální asymetrie a tím i vývoj dominance jedné paže.

Práce také poskytuje první molekulární důkaz, který podporuje hodně spekulované spojení mezi vývojem levorukosti/pravorukosti a jazykovými poruchami [93].

Genetické modely jsou často kritizovány pro dvě zdánlivě fatální chyby. Za prvé nedošlo k izolaci genu zodpovědného za lateralitu a za druhé, mnohé studie na jednovaječných dvojčatech tuto teorii nepotvrdily. Dokud nebudou tyto problémy vyřešeny, argumenty genetického základu laterality budou i nadále velmi diskutabilní [94].

Problém, pro jakýkoli genetický model levorukosti/pravorukosti, je vysvětlit několik dobře známých poznatků:

- a) ačkoli leváctví má tendenci se držet v rodinách, není to příliš časté, neboť téměř polovina všech leváků nemá žádné přímé příbuzné;
- b) dva pravorucí rodiče mohou mít děti levoruké přibližně v 5 – 10 % případů;
- c) dva levorucí rodiče mají levoruké děti pouze v 25 – 30 % případů;
- d) monozygotní (jednovaječná) dvojčata se často liší v jejich dominantní ruce, ačkoli podíl nesourodých párů je mírně nižší u monozygotní dvojice než u dvojice dizygotní [95].

Z výzkumů vyplývá, že dva pravorucí rodiče mají v 90 % taktéž pravorukého potomka. Pokud je jeden z rodičů levák, pohybuje se pravděpodobnost, že bude levákem syn okolo 20 % a dcera okolo 15 % [29].

Velmi podobný výzkum, ve kterém byla dominantní ruka pouze ta, kterou jedinec využívá k psaní, ukázal zvýšení pravděpodobnosti o několik procent ve prospěch levorukých potomků. U obou pravorukých rodičů byla 17 % pravděpodobnost, že budou mít levorukého potomka. V případě, že byl jeden z rodičů levákem se pravděpodobnost pohybovala okolo 15 – 25 % s nižší pravděpodobností u dcer. U levorukých rodičů se pravděpodobnost narození levorukého potomka zvýšila až na 45 % [95].

C. Porac ve své knize uvedl tabulku (viz Tabulka 4) studie rodin, která zobrazuje procentuální zastoupení potomků v rámci dědičnosti leváctví v případě, že jsou oba rodiče pravorucí, jeden levoruký anebo oba levorucí. Výskyt levorukých dětí v rodinách, kdy oba rodiče jsou leváci, je více než trojnásobný, oproti rodinám s oběma rodiči praváky [60].

Rodiče	Levorucí potomci v %
Pravorucí rodiče	11
Jeden levoruký rodič	22
Levorucí rodiče	37

Tabulka 4: Procentuální zastoupení dědičnosti leváctví u potomků; upraveno podle: Zdroj tabulky [1].

Další studie uvádí velmi podobné výsledky, které jsou uvedeny v Tabulce 5:

Dominance jedné ruky rodičů		Levorucí potomci	
Otec	Matka	Synové	Dcery
R	R	16.97% (3329)	16.39% (3666)
R	L	25.29% (340)	21.52% (395)
L	R	15.45% (382)	20.51% (429)
L	L	37.14% (35)	44.83% (29)

Tabulka 5: Výskyt leváctví v rodinách, v závislosti na dominanci jedné ruky u otce/matky a pohlaví potomka (čísla v závorkách udávají počet subjektů celkem – n = 2632; R = pravák, L = levák); upraveno podle: Zdroj tabulky [7].

Genetici vysvětlují minoritní výskyt leváctví v lidské populaci tím, že navrhují přítomnost recesivního genu. Předpokládá se, že sledovaná preference jedné ruky nebo fenotyp je způsoben jediným genem se dvěma alelami umístěnými na chromozomu. Jedna alela, L, způsobuje leváctví (*left-handedness*) a druhá alela, R, praváctví (*right-handedness*). Potomci zdědí jeden gen od každého rodiče, což vede k třem rozdílným genotypům, které jsou RR, LL a RL (viz Tabulka 6). Jedinci s RR a LL mají homozygotní genotyp, protože spojení gamet při koncepci vede k identickému páru genů. Při kombinaci alel RL mají jedinci heterozygotní genotyp, protože dvě alely na genetickém místě jsou různé. Jelikož existuje mnohem více praváků než leváků, lze dále předpokládat, že alela R převládá nad alelou L, a je tedy dominantní, což vede ke vzniku dvou genotypů s dominantní R alelou, RR a RL. Tito jedinci jsou fenotypově praváci, i když je jejich genotyp jiný. Jedinci s recesivní alelou L a genotypem LL jsou fenotypově leváci [60].

	Genotyp			
TYPY PÁROVÁNÍ	OTEC	MATKA	POTOMCI	FENOTYP POTOMKŮ
HOMOZYGOTI				
	RR	RR	RR, RR, RR, RR	100 % PRAVÁCI
	LL	LL	LL, LL, LL, LL	100 % LEVÁCI
HETEROZYGOTI				
	RL	RL	RR, RL, RL, LL	75 % PRAVÁCI 25 % LEVÁCI
HOMOZYGOTI + HETEROZYGOTI				
	RL	RR	RR, RR, RL, RL	100 % PRAVÁCI
	RR	RL	RR, RL, RR, RL	100 % PRAVÁCI
	LL	RL	RL, LL, RL, LL	50 % PRAVÁCI 50 % LEVÁCI
	RL	LL	RL, RL, LL, LL	50 % PRAVÁCI 50 % LEVÁCI
KŘÍŽENÍ HOMOZYGOTŮ				
	RR	LL	RL, RL, RL, RL	100 % PRAVÁCI
	LL	RR	RL, RL, RL, RL	100 % PRAVÁCI

Tabulka 6: Genotypové a fenotypové znázornění dominance a recesivity 1 genu v modelu dědičnosti lidské dominance ruky; upraveno podle: Zdroj tabulky [1]

Identická dvojčata, která sdílí stejné geny, mohou mít občas odlišnou dominanci rukou. Proto se někteří experti domnívají, že může být levorukost zcela náhodným projevem [98].

7 TYPICKÉ RYSY A TALENTY U LEVÁKŮ

V současnosti používají sociální psychologové pojmy „diskriminace“, „zaujatost“ a „stereotypy“ v souvislosti s našimi behaviorálními, afektivními a kognitivními předsudky. Různé výzkumy ukázaly, že menšinové osoby jsou vysoce stigmatizovány a čelí různým formám předsudků a diskriminace kvůli jejich fyzickým vlastnostem. Tento statisticky významný rozdíl naznačuje, že implicitní zkreslení proti jednotlivcům s levorukostí nezmizelo navzdory všudypřítomné sociální toleranci [28, 99].

Existují totiž všeobecně známé myšlenky, mezi které patří, že jsou leváci inteligentnější a kreativnější než lidé pravorucí. Podpůrné údaje o výkonnosti kognitivních dovedností leváků jsou však složité, a ne vždy průkazné. Leváci se údajně učí cizím jazykům lépe a rychleji, mají silnější prostorové vnímání, jejich vizuální paměť je rozvinutější a často vykazují „bojového ducha“. Leváci jsou o něco flexibilnější než praváci. Zdá se, že jsou schopni používat druhou (nedominantní) ruku k plnění úkolů mnohem jednodušeji a efektivněji než praváci. Rychleji myslí, když hrají počítačové hry nebo sporty, což je důvodem, proč jsou považováni za lepší hráče [28]. Většina těchto všeobecně známých informací byla potvrzena řadou studií a výzkumů.

Leváci mají tzv. **laterální myšlení**. Tento pojem znamená schopnost činit neobvyklá spojení. Je to také umění metafory: být schopen vidět jednu věc z pohledu jiné. Jako typické rysy levorukých géniů se projevují především dva druhy laterálního myšlení, a sice **adaptivní** a **transformační**. První je založeno na nutnosti adaptovat se a učit se fungovat v pravorukém světě. To znamená, že se levák dokáže přizpůsobovat okolnostem. Transformační myšlení je jen zdůrazněnou podobou tohoto nadání. Předpokládá se, že myšlení leváků je více multimodální a není tak strnulé jako myšlení většiny pravoruké populace [24, 25].

Studie naznačují, že u leváků dochází k **lepší intermanuální koordinaci**. Pracují efektivněji, když mohou při dokončení úkolu vystřídat ruce. Leváci mají údajně menší odchylky v dovednostech ruky než praváci. Menší rozdíly mezi praváky a leváky a vyšší intermanuální koordinace u leváků, mohou být způsobeny větší ovladatelností obou hemisfér [100, 101, 102, 103].

Také **kreativita** je spojována více s levorukostí s častějším výskytem u mužů. Podíl leváků se také ukázal být vyšší u nadaných dětí (s $IQ > 131$) než u dětí „neobdařených nadměrnou inteligencí“. Některé studie uvádějí, že leváci mohou mít zvláštní talent nejen v oblasti matematiky, ale například i zvýšenou melodickou citlivost a hudební či umělecké nadání [104, 105, 106].

Multivariační analýza ukázala, že se leváci vyznačovali větší kreativitou než praváci na všech čtyřech stupních *Torrance testu* (test kreativity); ženy zaznamenaly vyšší skóre než muži a vysokoškolsky vzdělané subjekty zaznamenaly vyšší výsledky než ty, bez vysoké školy [104].

Leváctví a sport

Dalším důležitým benefitem může být **strategická výhoda** leváků ve sportu. Řada studií zaznamenala významný počet leváků, hlavně mužů, u vrcholových sportů, jako je tenis, baseball a šerm [107]. Levostranná výhoda v mnoha sportech může být vysvětlena bez jakéhokoliv hypotetického vlivu neurologického původu [108].

Jelikož je výskyt pravorukých hráčů frekventovanější, je vždy větší pravděpodobnost, že jednotlivec bude konfrontován pravorukým soupeřem, tudíž praváci nejsou zvyklí na odlišnou hru a gesta leváků [109].

Mezi bývalé české sportovce se řadí i levoruká wimbledonská vítězka (1990) Martina Navrátilová či olympijská vítězové na kánoji pravoruký Mottl a levoruký Škrland z roku 1936. Ze světových sportovců baseballista Lou Gehrig, hokejista Wayne Gretzky, boxer Oscar De La Hoya či tenista Rafael Nadal. Mezi leváky patří i brankář Petr Čech či brazilský fotbalista Pelé [23, 107].

Vyšší frekvence leváků v interaktivních sportech (jako je šerm, box, tenis, baseball, kriket) nabízí větší strategickou výhodu, v porovnání s neinteraktivními sporty (jako je gymnastika, plavání), kde se výskyt leváků neliší od výskytu v běžné populaci [109]. Tato strategická výhoda leváků v interaktivních sportech, může být známkou silné selektivní výhody během soubojů. V boji mohla vést k přímému úspěchu prostřednictvím zvýšené pravděpodobnosti přežití, díky odlišné taktice a momentu překvapení během bojové interakce nebo k nepřímému prospěchu získáním vyššího společenského postavení [110]. Toto je závislé na ojedinělosti a jedinečnosti leváků, neboť je úspěch vyšší, pokud je výskyt leváků vzácnější [111].

Studie publikovaná roku 2018 zahrnovala 22 aktivních, poloprofesionálních nebo amatérských boxerů, kteří navštěvovali boxerský klub *National Road Sport Men* v Turecku. Boxeři aktivně boxovali 4 – 15 let (průměrně 9,87 let), byly ve věku 17 – 46 let (průměrně 32,25 let) a vážily 65 – 101 kg (průměrně 81,06 kg). Byli rozděleni do dvou skupin podle výzkumného protokolu (na levoruké a pravoruké boxery). Poté byli zařazeni do dvou skupin podle úspěšnosti v zápasech (vítězství a porážka). Levorucí boxeři byli zapojeni do 75 – 800 zápasů (průměrně do 120,6 zápasů), s porážkami v rozmezí 5 – 79 (průměrně s 19,32 porážkami). Podobné hodnocení bylo provedeno pro pravoruké boxery, kteří se zúčastnili 50 – 820 zápasů (průměrně 127,8 zápasů), a prohráli 23 – 78 (průměrně 42,25) zápasů. Levorucí boxeři se ukázali jako více úspěšní, neboť rozdíl mezi nimi a pravorukými boxery byl vysoce významný [112].

Teoretické přístupy potvrdily, že udržení dvou protikladných asymetrických změn, jejichž výběr je závislý na frekvenci, může být evolučně nejstabilnější strategií. Frekvenčně závislá strategická výhoda leváků v boji, mohla být zdrojem „balančního“ výběru, který je spojen s přetrvávajícím polymorfismem leváctví/praváctví v populaci [111].

Leváctví a „nehody“

Finská studie publikovaná roku 2010, zkoumala 4107 mužů a 4461 žen, kteří se narodili v severním Finsku v roce 1966. Ve věku 31 let měli za úkol vyplnit dotazník. Hlavním cílem této studie bylo zjistit, zdali mají leváci vyšší rizikovitost zranění než praváci. V dotazníku 7,9 % mužů a 6,1 % žen uvedlo, že jsou leváci a 1,7 % mužů a 0,6 % žen, že jsou ambidextři. 71 % z těchto subjektů uvedlo, že měli během svého života alespoň jedno zranění. Vědci došli k závěru, že neexistuje žádný významný rozdíl mezi větší frekvencí výskytu zranění u leváků či ambidextrů než u praváků. Praváci dokonce hlásili ještě více zranění u několika typů úrazů než leváci. Nicméně muži – ambidextři, měli mírně zvýšené riziko dopravních nehod a zranění v domácnosti, podobně také ženy – ambidextři, měly mírně zvýšené riziko pracovního úrazu ve srovnání s praváky [113].

Leváctví a návykové látky

Výzkumy také ukázaly nejen to, že je mezi leváky oproti pravákům větší výskyt kuřáků, ale i silnější sklon k alkoholismu a obecně k návykovým látkám. Z těchto závislostí mají podle některých studií menší šanci se vyléčit. Zobrazovací metoda EEG odhalila silnější reakci mozku u leváků na širokou škálu léků než u praváků. Tím se dá vysvětlit i zjevná větší náchylnost leváků k závislosti na nikotinu a alkoholu [30].

Leváctví a psychické poruchy

Publikovaná literatura, která spojuje leváctví s řadou fyzických a psychických poruch, zahrnuje téměř 150 let výzkumu. Různé teorie se snaží vysvětlit, proč je leváctví spojeno s patologií, a poskytují vodítko pro velký počet studií v této oblasti. Literatura je plná nekonzistentních zjištění týkajících se vazby mezi sinistralitou a tělesným nebo psychickým onemocněním. Výzkumníci se pohybují směrem dopředu k novým a přímým způsobům vyšetřování vztahu mezi preferencí jedné ruky a klinickými poruchami pomocí techniky neurálního zobrazování a genomových skenů [114].

Rozsáhlý průzkum populace z 12 evropských zemí, se snažil najít souvislost mezi dominancí jedné ruky a depresemi. Bylo zjištěno, že leváci trpí depresivními symptomy mnohem častěji než praváci až o 5 % [115].

Kalifornská studie, publikovaná roku 1994, studovala 199 mužů a 74 žen, kteří trpěli bolestí hlavy, stejně jako 477 jedinců trpících migrénou. Dřívější údaje uváděly, že pacienti s bolestí hlavy měli prevalenci levé ruky nad 15 %. U současných údajů (1994) byla prevalence levé ruky u mužů 11,0 % a u žen 8,2 %. Příslušné hodnoty u lidí s migrénou byly 11,8 % a 8,1 %. Výsledky obou skupin se od sebe nelišily ani od očekávané 10 % frekvence levorukosti u obou pohlaví [116].

Leváctví a homosexualita

Dominance jedné ruky, jakožto behaviorální marker časného neurálního vývoje, byla v některých studiích spojována se sexuální orientací. Studie publikovaná roku 2000, ve které autoři provedli meta-analýzu, zahrnovala 20 studií, jež srovnávaly míru „nepravorukosti“ u 6 987 homosexuálů (6 182 mužů a 805 žen) a 16 423 heterosexuálních (14 808 mužů a 1 615 žen) účastníků. Analýza ukázala větší výskyt leváků (až o 34 %) mezi homosexuálními muži než u obecné populace. Tento efekt byl silnější u homosexuálních žen, které byly ve srovnání s heterosexuálními ženami o 91 % pravděpodobněji „nepravačkami“. Výsledky podporují představu, že sexuální orientace u některých mužů a žen má základ již v neurálním vývoji, ale faktory zodpovědné za asociaci dominance jedné ruky z pohledu sexuální orientace vyžadují stále objasnění [117].

Dominance jedné ruky byla hodnocena u 205 chlapců s poruchou pohlavní identity a u 205 z jiných důvodů klinicky kontrolovaných chlapců. Chlapci s poruchou pohlavní identity byli mnohem pravděpodobněji leváci, než klinicky kontrolovaní kluci (19,5 % oproti 8,3 %).

Zdá se, že leváctví je behaviorální marker základního neurobiologického procesu spojeného s poruchou pohlavní identity u chlapců [118].

Umírají leváci dříve?

Studie z roku 1993 se zabývala otázkou, zda leváci umírají dříve. Data byla založena na prevalenci klasické levorukosti a přeucené levorukosti u 2787 subjektů ve věku od 21 do 101 let. Kromě toho byly zaznamenány údaje o rozdílech v pohlaví, rodinné sinistralitě, postoji ruky při psaní a vzdělávání. Byly testovány dvě hypotézy. Eliminační hypotéza uvádí, že snížená četnost leváků ve stáří je způsobena zkrácenou dlouhověkostí. Modifikační hypotéza uvádí, že rozdíly v počtu leváků mezi staršími a mladšími osobami jsou způsobeny změnou struktury sociálních norem.

Výsledky ukázaly klesající prevalenci levé ruky v průběhu věku, přičemž 15,22 % v nejmladší skupině (21 – 30 let), ale pouze 1,67 % u subjektů starších 80 let. Přesto došlo k odpovídajícímu nárůstu počtu subjektů, kteří byli přeuceni na leváctví, a to z 2,69 % u nejmladší skupiny na 6,75 % u jedinců 80 let a starších. To podporuje modifikační hypotézu a zpochybňuje eliminační hypotézu. Nicméně, hlavní procentuální skóre však bylo stále nižší u subjektů nad 40 let po přeucení. Ačkoli se zdá, že změny sociálních norem vůči levákům jsou nejpravděpodobnějším vysvětlením, empiricky nevyvrátily eliminační hypotézu [119].

Eliminační hypotéza, kterou navrhli Stanley Coren a Diane Halpern, tvrdila, že leváctví je faktor rizika mortality, který zkracuje životnost leváků o 9 let. Tento závěr založili na studiích, které používaly archivní údaje o životě sportovců a na studii o kohortě smrti, kdy byli členové rodiny požádáni, aby informovali o preferenci jedné ruky svých zemřelých příbuzných. Studie provedené v řadě různých zemí a používající různá paradigmatata poskytují přesvědčivý důkaz, že délka života leváků a praváků je podobná. Hypotéza o rozdílech v dlouhověkosti mezi praváky a leváky byla vyloučena, ačkoli zůstává mezi leváky často diskutovaným tématem [60].

Vědci Doug Altman a Martin Bland se zabývali tzv. „kohortovým efektem“. Domnívali se, že mohla být informace dřívější smrti leváků způsobena například tím, že lidé, kteří se narodili před mnoha lety, byli přeucováni a povzbuzováni k tomu, aby se z nich již v dětství stali praváci, zatímco u těch, kteří se narodili později, se přístup změnil a měli dovoleno zůstat levorucí. Domnívali se, že „kohortový efekt“ je mnohem pravděpodobnějším vysvětlením než předčasná smrt [120].

Další studie

Jak již bylo dříve zjištěno, asi 50 – 60 % leváků má na končetinách asymetrii ve svalovém tonusu jako praváci. Při studiu laterality u dospělých se profesor Tichý s kolegy soustředili především na stanovení svalového tonu, který podle Hennerovy školy má být nižší na nedominantních horních i dolních končetinách. Také je zajímavé, zda lze nalézt vztah mezi mozečkovou dominancí podle fyziologické relativní hypotonie nedominantní horní končetiny a mezi její obratností. Zvolili proto test házení šipek do terče. Leváci se při házení šipek projeví proti pravákům jako přesnější a obratnější, a to nejen při házení svojí dominantní levou horní končetinou, ale i při házení končetinou nedominantní [121].

V jedné studii byla hodnocena souvislost mezi preferencí jedné ruky a pokročilejším věkem začátku nástupu menopauzy u žen. Byl nalezen významný rozdíl mezi pravorukými a levorukými ženami a nástupem menopauzy. U pravorukých žen byla objevena významná korelace. Výsledky naznačují, že dřívější nástup menopauzy může být u levorukých žen způsoben aktivnějším a efektivnějším imunitním systémem [123].

Údaje 432 vysokoškoláků z roku 2016 ukazují, že leváci nevydělávají výrazně odlišné výnosy. Stejně tak skóre v kognitivním reflexním testu (*Cognitive Reflection Test*) se výrazně neliší. Údaje o lidské osobnosti, měřené pomocí testu *Big Five*, ukázaly, že jsou leváci podstatně příjemnější a ženy levačky jsou více extrovertní. Kromě toho se výdělky výrazně liší podle osobnosti pouze u leváků, rostoucích s extroverzí a klesající s neuroticismem (*pozn. jeden z osobních rysů u Big Five testu*) [124].

Ve studii z roku 2014 se u lidí s atypickou sexuální preferencí, konkrétně pedofilii, objevil vyšší výskyt leváctví a ambidextrie. Pedofilové prokázali vysokou míru „nepravorukosti“, která se projevila především jako sinistralita [125].

Levorukost a rakovina prsu

Účelem studie z roku 2016 bylo zhodnotit vztah mezi rakovinou prsu a dominancí jedné ruky. Pacienti s rakovinou prsu diagnostikováni a léčeni v období od března 2006 do května 2010 byli zařazeni do studie. Bylo analyzováno celkem 898 pacientů s karcinomem prsu. Střední věk probandů byl 48 let (rozmezí 20 – 83) a všechny (kromě jediného pacienta) byly ženy. Celkem 434 (48,3 %) pacientek bylo před menopauzou, 61 pacientek (6,8 %) mělo menopauzu a 399 pacientek (44,4 %) bylo po menopauze. Z celkového počtu bylo 55 (6,1 %) pacientek levorukých a zbývajících 843 (93,9 %) bylo pravorukých. Střední věk diagnostiky u pravaček byl však vyšší (46 – 48 let) a jejich průměrná celková doba přežití

byla 33 měsíců, oproti tomu u levorukých pacientek byla 35 měsíců. V této studii se rakovina prsu objevila o 2 roky dříve u levorukých pacientek s podobnými charakteristikami onemocnění ve srovnání s pravorukými pacientkami. V důsledku toho může být obhajováno, že screening pacientek levaček by měl začít dříve [126].

8 ZÁVĚR

Předložená bakalářská práce řeší tematiku „Sinistrality“, neboli leváctví, která je v dnešní době stále zastoupena minoritně, avšak se vzrůstající tendencí. Tato práce v mnoha pohledech a perspektivách shrnuje jak obecné, tak i konkrétní znaky a problematiky týkající se leváků. V jednotlivých oddílech práce jsou předloženy informace o historii a počátcích řeči a dominance rukou, o „vysledovatelných“ markerech, které díky modernějším a přesnějším technologiím poskytují velmi podnětné důkazy o událostech, které svojí hodnotou mohou přiblížit pohled na historický původ a život pravěkých lidí.

V dalších oddílech se nacházejí informace o genetických vlivech a tendencích. O jednotlivých genech, o nichž se vědci domnívali, že stojí za „zrodem“ leváctví. Jsou zde také uvedeny počáteční a soudobé teorie dědičnosti leváctví, které sebou nesou stále mnoho otázek a nejasností, neboť se v posledních letech přikládají odborníci k názoru, že je leváctví způsobeno několika geny a mnoha faktory působícími synergicky. Pravá genetická podstata leváctví nebyla tedy pravděpodobně ještě vyřčena.

Dále je v práci uvedeno zastoupení leváků v populaci z hlediska jednotlivých ras a národností a různé studie, založené na výzkumech leváctví v rámci pozorování jednotlivců i dvojčat a laterality všeobecně.

Závěr práce obsahuje kapitolu o charakteristikách a talentech leváků, které jsou podloženy celou řadou studií a mnohé z nich vyvracejí mýty a stereotypy, které v minulosti pojem leváctví zahrnoval.

Součástí práce je i obrazová a tabulková příloha, ve které jsou uvedeny testy laterality, indikátory laterality u batolat a dětí předškolního věku a možné důsledky, které v dřívějších dobách doprovázely přeúčené leváky. Nyní je snaha se přeúčování zcela vyhnout, neboť je to i ve školách již desítky let zakázáno. V současné době je kladen velký důraz na zachování individuality a jedinečnosti jedince.

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VELKÝ LÉKAŘSKÝ SLOVNÍK, *Velký lékařský slovník* [online]. Design Studio Maxdorf, 2018 [cit. 2018-05-31]. Dostupné z: <http://lekarske.slovníky.cz/>.
- [2] GOBLE, D. J. a S. H. BROWN. The biological and behavioral basis of upper limb asymmetries in sensorimotor performance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* [online]. 2008, **32**(3), 598-610 [cit. 2018-02-03]. ISSN 01497634. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0149763407001388>.
- [3] KŘIŠŤANOVÁ, L. *Diagnostika laterality a metodika psaní levou rukou*. 4. upr. vyd. Hradec Králové: Gaudeamus, 1998, s. 7-20. ISBN 80-7041-914-8.
- [4] ZELINKOVÁ, O. *Poruchy učení: specifické vývojové poruchy čtení, psaní a dalších školních dovedností*. 10., zcela přeprac. a rozš. vyd. Praha: Portál, 2003, s. 139-144. ISBN 80-7178-800-7.
- [5] BASAVANNA, M. *Dictionary of psychology*. New Delhi: Allied Publishers, 2000. ISBN 9788177640304.
- [6] VOKURKA, M., J. HUGO a J. PRESL. *Praktický slovník medicíny: 4000 lékařských termínů se srozumitelným výkladem*. 11. aktualizované vydání. Praha: Maxdorf, 2015. ISBN 978-80-7345-464-7.
- [7] SHABBOTT, B. A. a R. L. SAINBURG. Differentiating Between Two Models of Motor Lateralization. *Journal of Neurophysiology* [online]. 2008, **100**(2), 565-575 [cit. 2018-02-03]. ISSN 0022-3077. Dostupné z: <http://www.physiology.org/doi/10.1152/jn.90349.2008>.
- [8] Laterality: Physiology and psychology. In: *Encyclopedia Britannica* [online]. Encyclopædia Britannica, 2017 [cit. 2017-12-19]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/laterality>.
- [9] OOKI, S. An overview of human handedness in twins. *Frontiers in Psychology* [online]. 2014, **5**, [cit. 2017-12-21]. ISSN 1664-1078. Dostupné z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2014.00010/abstract>.

- [10] LABAK, I., D. SNAJDER, M. K. SRZENTIĆ a M. BENSIĆ. Writing and drawing with both hands as indicators of hemispheric dominance. *Collegium Antropologicum* [online]. 2011, 2011, **35**(1), 65-71 [cit. 2018-02-03]. ISSN 0350-6134. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21648313>.
- [11] SIERATZKI, J. S., B. WOLL a WOLL. Why do mothers cradle babies on their left? *The Lancet* [online]. 1996, **347**(9017), 1746-1748 [cit. 2018-02-08]. ISSN 01406736. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673696908132>.
- [12] BOGREN, L. Y. Side preference in women and men when holding their newborn child: psychological background. *Acta Psychiatrica Scandinavica* [online]. 1984, **69**(1), 13-23 [cit. 2018-02-08]. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1600-0447.1984.tb04512.x>.
- [13] DAMEROSE, E. a J. VAUCLAIR. Posture and Laterality in Human and Non- human Primates: Asymmetries in Maternal Handling and the Infant's Early Motor Asymmetries. *Comparative Vertebrate Lateralization* [online]. Cambridge University Press, 2002, 306-362 [cit. 2018-02-08]. Dostupné z: <http://www.cogprints.org/3602/1/DameroseVauclair02.pdf>.
- [14] HUGGENBERGER, H. J., S. E. SUTER, E. REIJNEN a H. SCHACHINGER. Cradling side preference is associated with lateralized processing of baby facial expressions in females. *Brain and Cognition* [online]. 2009, **70**(1), 67-72 [cit. 2018-02-08]. ISSN 02782626. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0278262608003382>.
- [15] KERSHNER, J. R. Ocular-manual laterality and dual hemisphere specialization. *Cortex* [online]. 1974, **10**(4), 293-302 [cit. 2018-02-18]. ISSN 00109452. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0010945274800237>.
- [16] FERRERO, M., G. WEST, M. A. VADILLO a J. PIETSCHNIG. Is crossed laterality associated with academic achievement and intelligence? A systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE* [online]. 2017, **12**(8), [cit. 2018-03-10]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0183618>.

- [17] GRIMSHAW, G. M. a M. S. WILSON. A sinister plot? Facts, beliefs, and stereotypes about the left-handed personality. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition* [online]. 2013, **18**(2), 135-151 [cit. 2018-04-24]. ISSN 1357-650X. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1357650X.2011.631546>.
- [18] BUCHAR, J. Stojí zkřížená lateralita za pozornost? *Psychologie dnes*. 2001, **7**(2), 30.
- [19] BOURASSA, D. C. Handedness and Eye-dominance: A Meta-analysis of Their Relationship. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition* [online]. 1996, **1**(1), 5-34 [cit. 2018-03-07]. ISSN 1357-650X. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/713754206>.
- [20] SULZBACHER, S., J. THOMSON, J. R. FARWELL, N. R. TEMKIN a A. L. HOLUBKOV. Crossed dominance and its relationship to intelligence and academic achievement. *Developmental Neuropsychology* [online]. 1994, **10**(4), 473-479 [cit. 2018-02-18]. ISSN 8756-5641. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/87565649409540596>.
- [21] WILLEMS, R., M. VAN DER HAEGEN, S. E. FISHER a C. FRANCKES. On the other hand: including lefthanders in cognitive neuroscience and neurogenetics. *NEUROSCIENCE: NATURE REVIEWS*. Macmillan Publishers, 2014, **15**, 193-201.
- [22] SLOWÍK, J. *Speciální pedagogika*. Praha: Grada, 2007, 160 s. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-1733-3.
- [23] SYNEK, F. *Záhady levorukosti: asymetrie u člověka*. Praha: Horizont, 1991. 175 s. Otazník (Horizont). ISBN 80-7012-054-1.
- [24] HEALEY, J. M. *Leváci a jejich výchova*. Praha: Portál, 2002, 112 s. ISBN 80-7178-701-9.
- [25] WRIGHT, E. *Slavní leváci v dějinách lidstva*. 1. Praha: Fortuna Libri, 2008. ISBN 978-80-7321-398-5.
- [26] COREN, S. *The left-hander syndrome: the causes and consequences of left-handedness*. New York: Maxwell Macmillan International, 1992. ISBN 9780029066829.
- [27] TEED, P. *Moderní Oxfordský slovník 20. století*. Praha, 1994. ISBN 80-858-9302-9.

- [28] MASUD, Y. a M. A. AJMAL. Left-handed People in a Right-handed World: A Phenomenological Study. *Pakistan Journal of Social and Clinical Psychology* [online]. 2012, **10**(1), 49-60 [cit. 2018-04-23]. ISSN 1727-4931.
- [29] LLAURENS, V., M. RAYMOND a C. FAURIE. Why are some people left-handed? An evolutionary perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. 2009, **364**(1519), 881-894 [cit. 2018-02-08]. ISSN 0962-8436. Dostupné z: <http://rstb.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rstb.2008.0235>.
- [30] BRADGON, A. D. a D. GAMON. *Když mozek pracuje jinak*. Praha: Portál, 2006, 128 s. ISBN 80-7367-066-6.
- [31] HERRON J. *Neuropsychology of Left-Handedness: Perspectives in Neurolinguistics and Psycholinguistics*. Oxford: Elsevier Science, 1980, 70-151. ISBN 0323153666.
- [32] SATZ, P., D. L. ORSINI, E. SASLOW a R. HENRY. The pathological left-handedness syndrome. *Brain and Cognition* [online]. 1985, **4**(1), 27-46 [cit. 2017-12-21]. ISSN 02782626. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0278262685900521>.
- [33] SATZ, P. Pathological Left-Handedness: An Explanaory Model. *Cortex* [online]. 1972, **8**(2), 121-135 [cit. 2017-12-21]. ISSN 00109452. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0010945272800133>.
- [34] BEDNÁŘOVÁ, J. a V. ŠMARDOVÁ. *Rozvoj grafomotoriky: jak rozvíjet kreslení a psaní*. Brno: Computer Press, 2006. 80 s. Dětská naučná edice. ISBN 80-251-0977-1.
- [35] PŘINOSILOVÁ, D. *Diagnostika ve speciální pedagogice: texty k distančnímu vzdělávání*. 2. vyd. Brno: Paido, 2007. 179 s. ISBN 978-80-7315-157-7.
- [36] VOLKMAR, F. F. *Encyclopedia of Autism Spectrum Disorders* [online]. New York, NY: Springer New York, 2013 [cit. 2018-02-10]. ISBN 978-1-4419-1697-6. Dostupné z: http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-1-4419-1698-3_877.
- [37] OLDFIELD, R. C. The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* [online]. 1971, **9**(1), 97-113 [cit. 2018-02-10]. ISSN 00283932. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0028393271900674>.

- [38] CAPLAN, B. a J. E. MENDOZA. Edinburgh Handedness Inventory. *Encyclopedia of Clinical Neuropsychology* [online]. New York: Springer New York, 2011, 928-928 [cit. 2018-02-10]. ISBN 978-0-387-79947-6. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-0-387-79948-3_684.
- [39] DRAGOVIC, M. a G. HAMMOND. A classification of handedness using the Annett Hand Preference Questionnaire. *British Journal of Psychology* [online]. 2007, **98**(3), 375-387 [cit. 2018-02-10]. ISSN 00071269. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1348/000712606X146197>.
- [40] ROY, E. A., P. BRYDEN a S. CAVILL. Hand differences in pegboard performance through development. *Brain and Cognition* [online]. 2003, **53**(2), 315-317 [cit. 2018-03-26]. ISSN 02782626. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0278262603001337>.
- [41] PETERS, M. Why the preferred hand taps more quickly than the non-preferred hand: Three experiments on handedness. *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie* [online]. 1980, **34**(1), 62-71 [cit. 2018-03-26]. ISSN 0008-4255. Dostupné z: <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/h0081014>.
- [42] MATĚJČEK, Z. a Z. ŽLAB. Zkouška laterality, Bratislava: Psychodiagnostika, 1972.
- [43] XING, S., M. O'HARA, D. GUATELLI-STEINBERG, J. GE a W. LIU. Dental Scratches and Handedness in East Asian Early Pleistocene Hominins. *International Journal of Osteoarchaeology* [online]. 2017, **27**(6), 937-946 [cit. 2018-03-22]. ISSN 1047482X. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/oa.2601>.
- [44] MCMANUS, I. C. The history and geography of human handedness. *Language Lateralization and Psychosis* [online]. Cambridge University Press, 2009, 194-210 [cit. 2018-02-04]. Dostupné z: <https://www.ucl.ac.uk/medical-education/reprints/1999DescentOfMind.PDF>.
- [45] STEELE, J. Handedness in past human populations: Skeletal markers. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition* [online]. 2000, **5**(3), 193-220 [cit. 2018-03-21]. ISSN 1357-650X. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/713754380>.

- [46] STEELE, J. a N. UOMINI. Humans, tools and handedness. *Stone Knapping: The Necessary Conditions for a Uniquely Hominin Behaviour* [online]. 2005, 217–239 [cit. 2018-02-08]. Dostupné z: <http://www.ucl.ac.uk/~tcnjst/Steele&Uomini2005.pdf>.
- [47] CASHMORE, L. Can hominin ‘handedness’ be accurately assessed? *Annals of Human Biology* [online]. 2009, **36**(5), 624-641 [cit. 2018-03-21]. ISSN 0301-4460. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03014460902956733>.
- [48] FRAYER, D. W., M. LOZANO, J. M. BERMÚDEZ DE CASTRO, E. CARBONELL, J. L. ARSUAGA, J. RADOVČIĆ, I. FIORE a L. BONDIOLI. More than 500,000 years of right-handedness in Europe. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition* [online]. 2012, **17**(1), 51-69 [cit. 2018-03-21]. ISSN 1357-650X. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1357650X.2010.529451>.
- [49] SOMERS, M., L. S. SHIELDS, M. P. BOKS, R. S. KAHN a I. E. SOMMER. *Cognitive benefits of right-handedness: A meta-analysis* [online]. 2015, **51**, 48-63 [cit. 2018-03-21]. ISSN 01497634. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0149763415000056>.
- [50] SOVÁK, M. *Metodika výchovy u leváků*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1966, 157 s. ISBN 14-314-85.
- [51] VODIČKA, I. *Nechte leváky drápat: metodika levorukého psaní, kreslení a malování*. Praha: Portál, 2008. 104 s. ISBN 978-80-7367-479-3.
- [52] ZOČE, H. J. *Vidím svět i z druhé strany: Mimořádné schopnosti leváků*. 1. Praha: Ikar, 2006. 160 s. ISBN 80-249-0647-3.
- [53] KUSHNER, H. I. Retraining left-handers and the aetiology of stuttering: The rise and fall of an intriguing theory. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition* [online]. 2012, **17**(6), 673-693 [cit. 2018-02-10]. ISSN 1357-650x. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1357650X.2011.615127>.
- [54] KLOPPEL, S., A. VONGERICHTEN, T. V. EIMEREN, R. S. J. FRACKOWIAK a H. R. SIEBNER. Can Left-Handedness be Switched? Insights from an Early Switch of Handwriting. *Journal of Neuroscience* [online]. 2007, **27**(29), 7847-7853 [cit. 2018-03-04]. ISSN 0270-6474. Dostupné z: <http://www.jneurosci.org/cgi/doi/10.1523/JNEUROSCI.1299-07.2007>.

- [55] PORAC, C. Geography, History, and the Left Hand. *Laterality* [online]. Elsevier, 2016, 119-133 [cit. 2018-03-20]. ISBN 9780128012390. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128012390000089>.
- [56] FRANCK, S., MAEGAWA, J., LAURÉN. LRRTM1 on chromosome 2p12 is a maternally suppressed gene that is associated paternally with handedness and schizophrenia. *Molecular Psychiatry* [online]. 2007, **12**(12), 1129-1139 [cit. 2018-02-05]. ISSN 1359-4184. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/4002053>.
- [57] KUSHNER, H. I. Why are there (almost) no left-handers in China? *Endeavour* [online]. 2013, **37**(2), 71-81 [cit. 2018-02-04]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160932713000045>.
- [58] LEASK, S. J. a A. A. BEATON. Handedness in Great Britain. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition* [online]. 2007, **12**(6), 559-572 [cit. 2018-03-21]. ISSN 1357-650X. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13576500701541936>.
- [59] FAGARD, J. a R. DAHMEN. Cultural influences on the development of lateral preferences: A comparison between French and Tunisian children. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition* [online]. 2010, **9**(1), 67-78 [cit. 2018-03-07]. ISSN 1357-650X. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13576500342000167>.
- [60] PORAC, C. *Laterality: exploring the enigma of left-handedness*. 1. USA: Academic Press, 2015. 232 s. ISBN 978-0-12-801239-0.
- [61] CORBALLIS, Michael C. Left Brain, Right Brain: Facts and Fantasies. *PLoS Biology* [online]. 2014, **12**(1) [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pbio.1001767>.
- [62] SICOTTE, N. L., R. P. WOODS a J. C. MAZZIOTTA. Handedness in Twins: A Meta-analysis. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition* [online]. 1999, **4**(3), 265-286 [cit. 2018-02-10]. ISSN 1357-650x. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/713754339>.

- [63] JAMES, W. H. a F. ORLEBEKE. Determinants of handedness in twins. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition* [online]. 2010, **7**(4), 301-307 [cit. 2018-02-10]. ISSN 1357-650x. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13576500143000320>.
- [64] Famous left handers. *FANDOM* [online]. San Francisco [cit. 2018-02-14]. Dostupné z: http://lefthand.wikia.com/wiki/Famous_left_handers.
- [65] HOLLOWAY, R. L. Evolution of Brain, *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences (Second Edition)* [online]. 2015, 827-834 [cit. 2018-03-01]. ISBN 9780080970875 Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780080970868810296>.
- [66] BEKING, T., R. H. GEUZE, M. VAN FAASSEN a I. P. KEMA. Prenatal and pubertal testosterone affect brain lateralization. *Psychoneuroendocrinology* [online]. **88**, 78-85 [cit. 2017-12-07]. Dostupné z: [http://www.psyneuen-journal.com/article/S0306-4530\(17\)30873-9/fulltext](http://www.psyneuen-journal.com/article/S0306-4530(17)30873-9/fulltext).
- [67] JANÍKOVÁ, V. *Výuka cizích jazyků*. Praha: Grada, 2011, 200 s. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-3512-2.
- [68] LOVE, R. J. a W. G. WEBB. *Mozek a řeč: neurologie nejen pro logopedy*. Praha: Portál, 2009, s. 289-296. ISBN 978-80-7367-464-9.
- [69] GESCHWIND, D. H., B. L. MILLER, C. DECARLI a D. CARMELLI. Heritability of lobar brain volumes in twins supports genetic models of cerebral laterality and handedness. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [online]. 2002, **99**(5), 3176-3181 [cit. 2017-12-08]. ISSN 0027-8424. Dostupné z: <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.052494999>.
- [70] BRANDLER, W. M. a S. PARACCHINI. *The genetic relationship between handedness and neurodevelopmental disorders* [online]. 2014, **20**(2), 83-90 [cit. 2018-02-16]. ISBN 10.1016/j.molmed.2013.10.008. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1471491413001937>.
- [71] WADA, J. a T. RASMUSSEN. Intracarotid injection of sodium amytal for the lateralization of cerebral speech dominance: experimental and clinical observations. *Journal of Neurosurgery* [online]. 2010, 1960, **112**(2), 266-282 [cit. 2018-03-01].

- [72] KIMURA, D. Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie* [online]. 1961, **15**(3), 166-171 [cit. 2018-03-01]. ISSN 0008-4255. Dostupné z: <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/h0083219>.
- [73] KIMURA, D. Functional Asymmetry of the Brain in Dichotic Listening. *Cortex* [online]. 1967, **3**(2), 163-178 [cit. 2018-03-01]. ISSN 00109452. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0010945267800108>.
- [74] ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA, *Encyclopædia Britannica*, Broca area. [online]. 2017. [cit. 2017-12-19]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/Broca-area>.
- [75] TOMASI, D. a N. D. VOLKOW. Resting functional connectivity of language networks: characterization and reproducibility. *Molecular Psychiatry* [online]. 2012, **17**(8), 841-854 [cit. 2017-12-21]. ISSN 1359-4184. Dostupné z: <http://www.nature.com/doifinder/10.1038/mp.2011.177>.
- [76] KOUKOLÍK, F. *Lidský mozek: funkční systémy, norma a poruchy*. 3., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Galén, 2012, 400 s. ISBN 978-80-7262-771-4.
- [77] BROWN, J. W. a F. R. WILSON. Crossed aphasia in a dextral: A case report. *Neurology* [online]. 1973, **23**(9), 907-907 [cit. 2018-03-20]. ISSN 0028-3878. Dostupné z: <http://www.neurology.org/cgi/doi/10.1212/WNL.23.9.907>.
- [78] SZAFIARSKI, J. P., A. RAJAGOPAL, M. ALTAYE. Left-handedness and language lateralization in children. *Brain Research* [online]. 2012, **1433**, 85-97 [cit. 2018-02-09]. ISSN 00068993. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006899311020877>.
- [79] GOBLE, D. J. a S. H. BROWN. Task-dependent asymmetries in the utilization of proprioceptive feedback for goal-directed movement. *Experimental Brain Research* [online]. 2007, **180**(4), 693–704 [cit. 2018-02-06]. ISSN 1432-1106. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00221-007-0890-7>.
- [80] BARBER, A. D., P. SRINIVASAN, S. E. JOEL, B. S. CAFFO a J. J. PEKAR. Motor “Dexterity”? Evidence that Left Hemisphere Lateralization of Motor Circuit Connectivity Is Associated with Better Motor Performance in Children. *Cerebral Cortex*

- [online]. 2012, **22**(1), 51-59 [cit. 2018-02-03]. ISSN 1460-2199. Dostupné z: <https://academic.oup.com/cercor/article-lookup/doi/10.1093/cercor/bhr062>.
- [81] SAINBURG, R. L., S. Y. SCHAEFER, R. L. SAINBURG a D. KALAKANIS. Differences in Control of Limb Dynamics During Dominant and Nondominant Arm Reaching. *Journal of Neurophysiology* [online]. 2000, **83**(5), 2661-2675 [cit. 2018-02-06]. ISSN 0022-3077. Dostupné z: <http://www.physiology.org/doi/10.1152/jn.2000.83.5.2661>.
- [82] Yakovlevian brain torque: The Snellson tension twist. *Cerebrovortex* [online]. 2012 [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <https://cerebrovortex.com/2012/10/19/brain-torque/>.
- [83] VALLORTIGARA, G. a A. BISAZZA. How ancient is the brain lateralization. *Comparative Vertebrate Lateralization* [online]. Cambridge: Cambridge University Press, 2002 [cit. 2018-02-10]. ISBN 9780511060618.
- [84] HEPPER, P. G. The developmental origins of laterality: Fetal handedness. *Developmental Psychobiology* [online]. 2013, **55**(6), 588-595 [cit. 2018-03-20]. ISSN 00121630. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/dev.2111>.
- [85] HEPPER, P. G., D. L. WELLS a C. LYNCH. Prenatal thumb sucking is related to postnatal handedness. *Neuropsychologia* [online]. 2005, **43**(3), 313-315 [cit. 2018-02-16]. ISSN 00283932. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0028393204002428>.
- [86] ARCHER, L. A., D. CAMPBELL a S. J. SEGALOWITZ. A prospective study of hand preference and language development in 18- to 30 month olds: I. hand preference. *Developmental Neuropsychology* [online]. 1988, **4**(2), 85-92 [cit. 2018-04-05]. ISSN 87565641. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/87565648809540395>.
- [87] WITELSON, S. F. a R. S. NOWAKOWSKI. Left out axons make men right: A hypothesis for the origin of handedness and functional asymmetry. *Neuropsychologia* [online]. 1991, **29**(4), 327-333 [cit. 2018-02-10]. ISSN 00283932. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/002839329190046B>.
- [88] PETERS, M. a R. PERRY. No link between left-handedness and maternal age and no elevated accident rate in left-handers. *Neuropsychologia* [online]. 1991, **29**(12), 1257-

- 1259 [cit. 2018-02-12]. ISSN 00283932. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/002839329190039B>.
- [89] BAILEY, L. a W. MCKEEVER. A large scale study of handedness and pregnancy/birth risk events: Implications for genetic theories of handedness. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition* [online]. 2012, **9**(2), 175-188 [cit. 2018-03-08]. ISSN 1357-650X. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13576500342000013>.
- [90] RODRIGUEZ, A. a U. WALDENSTRÖM. Fetal origins of child non-right-handedness and mental health. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* [online]. 2008, **49**(9), 967-976 [cit. 2018-04-12]. ISSN 00219630. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1469-7610.2008.01923.x>.
- [91] CHAN, Y. K. a P. S. LOH. Handedness in man: The energy availability hypothesis. *Medical Hypotheses* [online]. 2016, **94**, 108-111 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0306987716302559>.
- [92] SCHMITZ, J., S. LOR, R. KLOSE, O. GÜNTÜRKÜN a S. OCKLENBURG. The Functional Genetics of Handedness and Language Lateralization: Insights from Gene Ontology, Pathway and Disease Association Analyses. *Frontiers in Psychology* [online]. 2017, **8**, [cit. 2017-12-20]. ISSN 1664-1078. Dostupné z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2017.01144/full>.
- [93] ARNING, L., S. OCKLENBURG, S. SCHULZ. PCSK6 VNTR Polymorphism Is Associated with Degree of Handedness but Not Direction of Handedness. *PLoS ONE* [online]. 2013, **8**(6) [cit. 2018-02-05]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0067251>.
- [94] ANNETT, M. Handedness and Cerebral Dominance: The right shift theory. *Journal of neuropsychiatry* [online]. 1998, **10**(4), 459-469 [cit. 2018-02-04]. ISSN 1724-4935. Dostupné z: <https://neuro.psychiatryonline.org/doi/pdf/10.1176/jnp.10.4.459>.
- [95] MCMANUS, I. C. Handedness, cerebral lateralization and the evolution of language. *The descent of mind: Psychological perspectives on hominid evolution* [online]. Oxford University Press, 1999, 194-217 [cit. 2018-02-05]. Dostupné z: <https://www.ucl.ac.uk/medical-education/reprints/1999DescentOfMind.PDF>.

- [96] CORBALLIS, M. C. From mouth to hand: Gesture, speech, and the evolution of right-handedness. *Behavioral and Brain Sciences* [online]. 2003, **26**(2), 199-208 [cit. 2018-02-05]. ISSN 0140-525x. Dostupné z: http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0140525X03000062.
- [97] ENARD, W., M. PRZEWORSKI, S. E. FISHER, C. S. L. LAI, V. WIEBE, T. KITANO, A. P. MONACO a S. PÄÄBO. Molecular evolution of FOXP2, a gene involved in speech and language. *Nature* [online]. 2002, **418**(6900), 869-872 [cit. 2018-04-23]. ISSN 0028-0836. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/nature01025>.
- [98] GESCHWIND, D. H., B. L. MILLER, C. DECARLI a D. CARMELLI. *Heritability of lobar brain volumes in twins supports genetic models of cerebral laterality and handedness* [online]. National Academy of Sciences, 2002, **99**(5), 3176-3181 [cit. 2018-03-10]. ISSN 1091-6490. Dostupné z: <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.052494999>.
- [99] DRAGOVIĆ, M., J. C. BADCOCK, M. SANJA, M. GREGUROVIĆ a Z. ŠRAM. Social stereotyping of left-handers in Serbia. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition* [online]. 2013, **18**(6), 719-729 [cit. 2018-04-24]. ISSN 1357-650X. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1357650X.2012.755993>.
- [100] GORYNIA, I. a D. EGENTER. Intermanual Coordination in Relation to Handedness, Familial Sinistrality and Lateral Preferences. *Cortex* [online]. 2000, **36**(1), 1-18 [cit. 2018-02-12]. ISSN 00109452. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0010945208708323>.
- [101] JUDGE, J. a J. STIRLING. Fine motor skill performance in left- and right-handers: Evidence of an advantage for left-handers. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition* [online]. 2017, **8**(4), 297-306 [cit. 2018-02-12]. ISSN 1357-650x. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13576500342000022a>.
- [102] CURT, F., J. MACCARIO a G. DELLATOLAS. Distributions of hand preference and hand skill asymmetry in preschool children: Theoretical implications. *Neuropsychologia* [online]. 1992, **30**(1), 27-34 [cit. 2018-02-12]. ISSN 00283932. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/002839329290011A>.

- [103] HERVÉ, P., B. MAZOYER, F. CRIVELLO, G. PERCHEY a N. TZOURIO-MAZOYER. Finger tapping, handedness and grey matter amount in the Rolando's genu area. *NeuroImage* [online]. 2005, **25**(4), 1133-1145 [cit. 2018-06-23]. ISSN 10538119. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1053811905000029>.
- [104] NEWLAND, G. A. Differences between Left- and Right-Handers on a Measure of Creativity. *Perceptual and Motor Skills* [online]. 2016, **53**(3), 787-792 [cit. 2018-02-12]. ISSN 0031-5125. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.2466/pms.1981.53.3.787>.
- [105] HICKS, R. A. a Ch. M. DUSEK. The Handedness Distributions of Gifted and Non-Gifted Children. *Cortex* [online]. 1980, **16**(3), 479-481 [cit. 2018-02-12]. ISSN 00109452. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0010945280800487>.
- [106] KOPIEZ, R., N. GALLEY a J. I. LEE. The advantage of a decreasing right-hand superiority: The influence of laterality on a selected musical skill (sight reading achievement). *Neuropsychologia* [online]. 2006, **44**(7), 1079-1087 [cit. 2018-02-12]. ISSN 00283932. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0028393205003490>.
- [107] VORACEK, M., B. REIMER, C. ERTL a S. G. DRESSLER. Digit Ratio (2D: 4D), Lateral Preferences, and Performance in Fencing. *Perceptual and Motor Skills* [online]. 2016, **103**(2), 427-446 [cit. 2018-02-12]. ISSN 0031-5125. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.2466/pms.103.2.427-446>.
- [108] WOOD, C. J. a J. P. AGGLETON. Handedness in 'fast ball' sports: Do lefthanders have an innate advantage? *British Journal of Psychology* [online]. 1989, **80**(2), 227-240 [cit. 2018-02-12]. ISSN 00071269. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.2044-8295.1989.tb02316.x>.
- [109] RAYMOND, M., D. PONTIER, A. B. DUFOUR a A. P. MOLLER. Frequency-Dependent Maintenance of Left Handedness in Humans. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. 1996, **263**(1377), 1627-1633 [cit. 2018-02-12]. ISSN 0962-8452. Dostupné z: <http://rspb.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rspb.1996.0238>.

- [110] BROOKS, R., L. F. BUSSIERE, M. D. JENNIONS a J. HUNT. Sinister strategies succeed at the cricket World Cup. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. 2004, **271**(3), 64-66 [cit. 2018-02-12]. ISSN 0962-8452. Dostupné z: <http://rspb.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rsbl.2003.0100>.
- [111] BILLIARD, S., Ch. FAURIE a M. RAYMOND. Maintenance of handedness polymorphism in humans: a frequency-dependent selection model. *Journal of Theoretical Biology* [online]. 2005, **235**(1), 85-93 [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022519304006204>.
- [112] GURSOY, R. Effects of left- or right-hand preference on the success of boxers in Turkey. *British Journal of Sports Medicine* [online]. 2008, **43**(2), 142-144 [cit. 2018-04-05]. ISSN 0306-3674. Dostupné z: <http://bjsm.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bjsm.2007.043547>.
- [113] PEKKARINEN, A., S. SALMINEN a M. JÄRVELIN. Hand preference and risk of injury among the Northern Finland birth cohort at the age of 30. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition* [online]. 2017, **8**(4), 339-346 [cit. 2018-02-16]. ISSN 1357-650x. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13576500244000283>.
- [114] PORAC, C. Disorders, Diseases, and Life on the Left. *Laterality* [online]. Elsevier, 2016, 135-156 [cit. 2018-03-20]. ISBN 9780128012390. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128012390000090>.
- [115] DENNY, K. Handedness and depression: Evidence from a large population survey. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition* [online]. 2009, **14**(3), 246-255 [cit. 2018-04-17]. ISSN 1357-650X. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13576500802362869>.
- [116] MESSINGER, H. B., M.I. MESSINGER, L. KUDROW a L. V. KUDROW. Handedness and Headache. *Cephalalgia* [online]. 2016, **14**(1), 64-67 [cit. 2018-03-22]. ISSN 0333-1024. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1046/j.1468-2982.1994.1401064.x>.
- [117] LALUMIÈRE, M. L., R. BLANCHARD a K. J. ZUCKER. Sexual orientation and handedness in men and women: A meta-analysis. *Psychological Bulletin* [online]. 2000,

- 126(4), 575-592 [cit. 2018-04-05]. ISSN 1939-1455. Dostupné z: <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/0033-2909.126.4.575>.
- [118] ZUCKER, K. J., N. BEAULIEU, S. J. BRADLEY, G. M. GRIMSHAW a A. WILCOX. Handedness in Boys with Gender Identity Disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* [online]. 2001, **42**(6), 767-776 [cit. 2018-03-22]. ISSN 0021-9630. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/1469-7610.00773>.
- [119] HUGDAHL, K., P. SATZ, M. MITRUSHINA a E. N. MILLER. Left-handedness and old age: Do left-handers die earlier?. *Neuropsychologia* [online]. 1993, **31**(4), 325-333 [cit. 2018-03-26]. ISSN 00283932. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/002839329390156T>.
- [120] ALTMAN, D. a M. BLAND. Do the left-handed die young?. *Significance* [online]. 2005, **2**(4), 166-170 [cit. 2018-04-10]. ISSN 17409705. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1740-9713.2005.00130.x>.
- [121] TICHÝ, J., J. BĚLÁČEK, M. NYKL a N. KASPRÍKOVÁ. Pravo-levorukost: házení šipek do terče jako test upřednostňování a výkonnosti. *Neurol. prax* [online]. 2013, **14**(3), 161-165 [cit. 2018-03-23]. Dostupné z: www.solen.sk/pdf/9ae892498d7fd22c81082bb504456a01.pdf.
- [122] DANE, S., N. REIS a T. PASINLIOĞU. Left-handed women have earlier age of menopause. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology* [online]. 1999, **10**(2), 147-150 [cit. 2018-03-09].
- [123] SARTARELLI, M. a P. BRAÑAS-GARZA. Handedness, Earnings, Ability and Personality. Evidence from the Lab. *PLOS ONE* [online]. Public Library of Science, 2016, **11**(10) [cit. 2018-03-26]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0164412>.
- [124] FAZIO, R. L., A. D. LYKINS a J. M. CANTOR. Elevated rates of atypical handedness in paedophilia: Theory and implications. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition* [online]. 2014, **19**(6), 690-704 [cit. 2018-04-12]. ISSN 1357-650X.
- [125] ALTUNDAG, K., M. ISIK a A. R. SEVER. Handedness and breast cancer characteristics. *Journal of B.U.ON.* [online]. Zerbinis Publications, 2016, **21**(3), 576-579 [cit. 2018-04-17]. ISSN 11070625.

10 ZDROJE OBRÁZKŮ, TABULEK A PŘÍLOH

- [1] PORAC, C. *Laterality: exploring the enigma of left-handedness*. 1. USA: Academic Press, 2015, 232 s. ISBN 978-0-12-801239-0.
- [2] ZOCHÉ, H. J. *Vidím svět i z druhé strany: Mimořádné schopnosti leváků*. 1. Praha: Ikar, 2006, 160 s. ISBN 80-249-0647-3.
- [3] BOGREN, L. Y. Side preference in women and men when holding their newborn child: psychological background. *Acta Psychiatrica Scandinavica* [online]. 1984, **69**(1), 13-23 [cit. 2018-02-08]. ISBN 10.1111/j.1600-0447.1984.tb04512.x. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1600-0447.1984.tb04512.x>.
- [4] Yakovlevian brain torque: The Snelson tension twist. *Cerebrovortex* [online]. 2012 [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <https://cerebrovortex.com/2012/10/19/brain-torque/>.
- [5] HEPPER, P. G. The developmental origins of laterality: Fetal handedness. *Developmental Psychobiology* [online]. 2013, **55**(6), 588-595 [cit. 2018-03-20]. ISSN 00121630. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/dev.2111>.
- [6] CORBALLIS, M. C. Left Brain, Right Brain: Facts and Fantasies. *PLoS Biology* [online]. 2014, **12**(1) [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pbio.1001767>.
- [7] LLAURENS, V., M. RAYMOND a C. FAURIE. Why are some people left-handed? An evolutionary perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* [online]. 2009, **364**(1519), 881-894 [cit. 2018-02-08]. ISSN 0962-8436. Dostupné z: <http://rstb.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rstb.2008.0235>.
- [8] XING, S., M. O'HARA, D. GUATELLI-STEINBERG, J. GE a W. LIU. Dental Scratches and Handedness in East Asian Early Pleistocene Hominins. *International Journal of Osteoarchaeology* [online]. 2017, **27**(6), 937-946 [cit. 2018-03-22]. ISSN 1047482X. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/oa.2601>.
- [9] JANG, H., J. Y. LEE, K. I. LEE a K. M. PARK. Are there differences in brain morphology according to handedness? *Brain and Behavior* [online]. 2017, **7**(7) [cit. 2018-04-17]. ISSN 21623279. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/brb3.730>.

11 PŘÍLOHY

PŘÍLOHA A: Testy laterality: Zdroj textu [24, 26]

Zde jsou uvedeny ilustrační příklady testů laterality:

Test č. 1:

Řekněte dítěti: „Ukaž mi jak“ a pak zakroužkujte L (levá ruka) nebo P (pravá ruka).

- | | |
|------------------------------------|-----|
| 1. Jak se díváš dalekohledem? | L/P |
| 2. Jak kopeš do míče? | L/P |
| 3. Jak zašlápaneš mravence? | L/P |
| 4. Jak píšeš (maluješ)? | L/P |
| 5. Jak si češeš vlasy? | L/P |
| 6. Jak si čistíš zuby? | L/P |
| 7. Jak stříháš nůžkami? | L/P |
| 8. Jak házíš míč? | L/P |
| 9. Jak do míče uhodíš pálkou? | L/P |
| 10. Jak používáš tenisovou raketu? | L/P |
| 11. Jak zatloukáš kladivem hřebík? | L/P |
| 12. Jak používáš gumu? | L/P |
| 13. Jak krájíš chleba nožem? | L/P |
| 14. Jak odemykáš dveře? | L/P |

Test č. 2:

- | | | | |
|---|-------|--------|-------|
| 1. Kterou rukou normálně píšeš? | LEVOU | PRAVOU | OBĚMA |
| 2. Kterou rukou kreslíš? | LEVOU | PRAVOU | OBĚMA |
| 3. Kterou rukou házíš míčem, abys trefil(a) cíl? | LEVOU | PRAVOU | OBĚMA |
| 4. Ve které ruce držíš raketu na tenis, squash atd.? | LEVOU | PRAVOU | OBĚMA |
| 5. Kterou rukou držíš zubní kartáček? | LEVOU | PRAVOU | OBĚMA |
| 6. Kterou rukou držíš nůž, když něco řežeš? | LEVOU | PRAVOU | OBĚMA |
| 7. Kterou rukou držíš kladivo, když zatloukáš hřebík? | LEVOU | PRAVOU | OBĚMA |
| 8. Kterou rukou byste škrtili zápalkou? | LEVOU | PRAVOU | OBĚMA |
| 9. Kterou rukou byste vygumovali papír? | LEVOU | PRAVOU | OBĚMA |
| 10. Kterou rukou používáte nůžky na stříhání? | LEVOU | PRAVOU | OBĚMA |
| 11. Kterou rukou držíte při šití jehlu? | LEVOU | PRAVOU | OBĚMA |
| 12. Kterou rukou držíte plácačku na mouchy? | LEVOU | PRAVOU | OBĚMA |

- 36–33 = silná (vyhraněná) pravorukost
32–29 = mírná pravorukost (smíšená pravorukost)
28–25 = slabá pravorukost (smíšená pravorukost)
24 = ambidextr
23–20 = slabá levorukost (smíšená levorukost)
19–16 = mírná levorukost (smíšená levorukost)
15–12 = silná (vyhraněná) levorukost

Vyhodnocení testu probíhá tak, že se sečtou všechna zakroužkování jednotlivých možností. Při zakroužkování možnosti „pravou“ se výsledek vynásobí číslem 3, součet zakroužkovaného slova „oběma“ se vynásobí číslem 2 a možnost „levou“ se nenásobí. Po sečtení a vynásobení, se výsledky vyhodnotí podle níže stanoveného vzoru.

PŘÍLOHA B: Indikátory laterality u batolat a dětí předškolního věku: Zdroj textu [2]

Healey ve své knize uvádí tyto indikátory laterality:

- otáčení hlavičky na jednu stranu v poloze na bříšku
- držení lahve nebo dudlíku
- malování prstem či držení pastelky
- mávání klackem nebo pálkou
- nesení oblíbené panenky nebo plyšového zvířátka
- používání hračkových nástrojů, jako jsou kladívka a pilky
- hraní her, které vyžadují určitou úroveň užívání obou rukou, jako jsou hračkové telefony nebo různé skládačky

PŘÍLOHA C: Vzorec pro výpočet kvocientu pravorukosti: Zdroj textu [42]

Pro hodnocení zkouškových úkolů používali tzv. **kvocient pravorukosti** (DQ) k vyjádření počtu pravostranných reakcí v procentech ze vzorce:

$$DQ = \frac{P + \frac{A}{2}}{n} \times 100$$

P ... součet všech pravostranných reakcí,

A/2 ... polovina úkolů, které byly provedeny oběma rukama (tzn. nevyhraněné),

n ... počet všech úkonů.

Podle bodů se následně rozlišuje: vysoce vyhraněné praváctví (100 – 90), méně vyhraněné praváctví (89 – 75), ambidextrie (74 – 50), méně vyhraněné leváctví (49 – 25) a vyhraněné leváctví (24 – 0).

PŘÍLOHA D: Důsledky přeučování: Zdroj textu [52]

Zoche ve své knize uvádí tyto možné důsledky přeučování laterality:

A) přímé důsledky

- poruchy paměti (obzvláště při vyvolávání naučených obsahů)
- poruchy koncentrace (rychlá unavitelnost)
- potíže při čtení a v pravopise (poruchy učení, dyslexie)
- nejistota, kde je levá a kde pravá strana
- poruchy jemné motoriky, které se projevují například na vzhledu písma
- poruchy řeči (například zajíkání se, koktání)

B) nepřímé (druhotné) důsledky

- pocity méněcennosti, nejistota, stahování se do ústraní
- nadměrná kompenzace zvýšením nasazením výkonnosti
- vzdorovitý postoj, hádavé chování, nepřirozená snaha imponovat (například dělat „třídního šaška“, v dospělosti převzít ve společnosti roli kašpara či vtipálka)
- rozličné poruchy chování
- noční pomočování, kousání nehtů
- citové problémy s neurotickými a psychickými symptomy
- poruchy osobnosti

Výše uvedené důsledky jsou pouze subjektivní, a ne každý přeučený levák je vykazuje.

PŘÍLOHA E: Rysy společné pro přeúčené leváky: Zdroj textu [52]

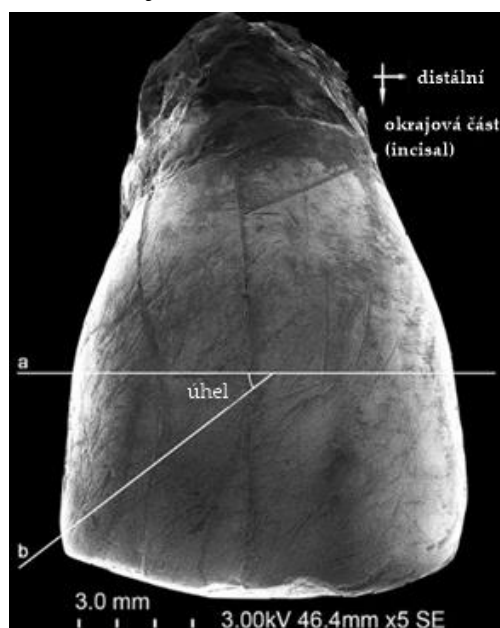
Sattlerová sestavila seznam rysů osobnosti, které jsou pro mnoho přeúčených leváků společné:

- neustálý sklon k odporování
- vynechávání a přeskokování důležitých myšlenkových pochodů při rozhovorech
- zdůrazněné asociativní myšlení
- zvyk skákat druhým do řeči, nenechat ostatní vypovídat
- podceňování se, shazování se
- sklon hledat si partnera s nižším IQ, než je vlastní, popř. partnera s postižením
- hašteřivost, neústupnost
- upřednostňování stručných, přiléhavých, výstižných, ovšem i zraňujících formulací – přeúčený levák „to vystihne“, aniž by bral ohled na city druhých
- podivínské a samotářské chování
- zmatenost, přehnanost, vumělkovanost a sklon k tvrdošijným, nepružným způsobům chování až po fanatismu
- přehnaná sebekontrola na neustálé pokusy dosáhnout vnější dokonalosti a přesnosti až puntičkářství, tvrdost vůči sobě samotnému i vůči ostatním

PŘÍLOHA F: Obrázek z elektronového mikroskopu; upraveno podle: Zdroj příloh [8]

Obrázek znázorňuje celou labiální stranu povrchu zubu a úhel zubního škrábance.

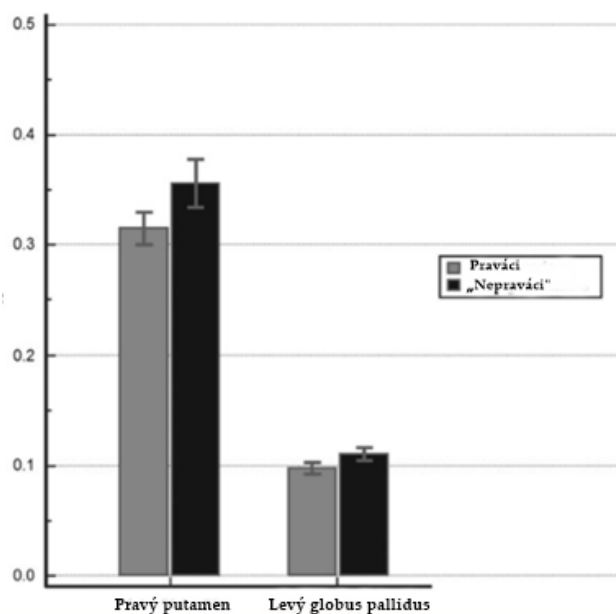
(a) horizontální čára; (b) příklad směru jednoho škrábance.



PŘÍLOHA G: Tabulka srovnání objemů subkortikálních struktur mezi praváky a „nepraváky“; upraveno podle: Zdroj příloh [9]

Struktura	Praváci (n = 21)	„Nepraváci“ (n = 21)
Levé struktury (%)		
Amygdala	0.0981	0.1113
Caudate	0.2265	0.2432
Globus pallidus	0.0975	0.1101
Hippocampus	0.2775	0.3039
Putamen	0.3413	0.3825
Thalamus	0.5420	0.5590
Pravé struktury (%)		
Amygdala	0.1031	0.1092
Caudate	0.2070	0.2280
Globus pallidus	0.0977	0.1064
Hippocampus	0.2857	0.3055
Putamen	0.3155	0.3559
Thalamus	0.4754	0.5051

PŘÍLOHA H: Graf srovnávající objem putamenu a globus pallidus mezi praváky a „nepraváky“; upraveno podle: Zdroj příloh [9]



Tyto údaje naznačují, že správný *putamen* a levý *globus pallidus* „nepraváků“ jsou výrazně větší než u praváků.