

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

PROBLEMATIKA LATERALITY HORNÍCH KONČETIN,
DOLNÍCH KONČETIN A OKA – NEUROFYZIOLOGICKÉ
PODKLADY
Bakalářská práce

Autor: Veronika Krčálová, fyzioterapie
Vedoucí práce: Mgr. David Smékal, Ph.D.
Olomouc 2008

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autora: Veronika Krčálová

Název bakalářské práce: Problematika laterality horních končetin, dolních končetin a oka – neurofyzilogické podklady

Pracoviště: Katedra fyzioterapie

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. David Smékal, Ph.D.

Rok obhajoby bakalářské práce: 2008

Abstrakt: Jednou z oblastí, kde se projevuje asymetrické uspořádání mozkové kůry u člověka, je lateralita párových smyslových orgánů a končetin. Složitá součinnost jednotlivých specializovaných oblastí mozkových hemisfér je základem pro řízení lidských činností. Podmínkou pro zkoumání laterality by měla být znalost těchto specializovaných center a vztahů mezi nimi.

Klíčová slova: lateralita, neurofyzilogie, dominance, rukovost, nohovost, okovost.

Souhlasím s půjčováním bakalářské práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographic identification

Author's name and surname: Veronika Krčálová

Title of the bachelor's thesis: Problems of the laterality of upper limbs, lower limbs and the eye: neurophysiological background

Institute: Chair of physiotherapy

Supervisor of bachelor's thesis: Mgr. David Smékal, Ph.D.

Year of defence of bachelor's thesis: 2008

Abstract: The laterality of paired limbs and sense organs is one of the spheres where the asymmetric organisation of the human cerebral cortex is manifested. The control of all human activities is based on a complex cooperation of individual specialist regions of cerebral hemispheres. The knowledge of these specialist centres and their interrelations should be a precondition for the investigation of laterality.

Key words: Laterality; Neurophysiology; Dominance; Handedness; Footedness; Eyedness.

I agree to the lending of my bachelor's thesis within the framework of library services.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Davida Smékala, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 23. dubna 2008

.....

OBSAH

1 ÚVOD	7
2 CÍLE	8
2 PŘEHLED POZNATKŮ	9
2.1 Lateralita.....	9
2.1.1 Základní pojmy	9
2.1.2 Lateralita horních končetin.....	10
2.1.3 Lateralita dolních končetin.....	10
2.1.4 Lateralita oka.....	11
2.1.5 Dědičnost laterality	12
2.2 Neurofyziologické podklady	12
2.2.1 Anatomická asymetrie mozkových hemisfér	- 12 -
2.2.2 Funkční asymetrie mozkových hemisfér.....	- 13 -
2.2.3 Lateralita horních a dolních končetin.....	15
2.2.3.1 Řízení volní hybnosti	15
2.2.3.2 Lateralita horních končetin a řeč	20
2.2.3.3 Organizace primární motorické kůry	21
2.2.3.4 Funkční asymetrie primární motorické oblasti.....	23
2.2.3.5 Zapojení hemisfér při bimanuálních činnostech	23
2.2.3.6 Přecvičování levorukých dětí	24
2.2.3.7 Lateralita dolních končetin.....	25
2.2.4 Zrakový systém	26
2.2.4.1 Zraková dráha.....	26
2.2.4.2 Lateralita očí.....	28
2.3 Testování laterality	29
2.3.1 Horní končetiny.....	29
2.3.2 Dolní končetiny	32
2.3.3 Oko	33
2.3.3.1 Binokulární vidění.....	33
2.3.3.2 Monokulární vidění	34
3 PRŮŘEZOVÁ STUDIE LATERALITY	35
4 DISKUSE	37
5 ZÁVĚR.....	39

6 SOUHRN	40
7 SUMMARY	41
8 REFERENČNÍ SEZNAM.....	42
9 PŘÍLOHY	45

1 ÚVOD

Ve stavbě těla i v zapojení jeho částí do různých funkcí se objevuje určitá stranová asymetrie. Tato nesouměrnost je fyziologická, ovšem ne vždy ji fyzioterapeut při vyšetření pacienta bere v úvahu.

Mnozí odborníci se začali lateralitou lidského těla zabývat. Tato problematika je velice složitá. Nejvíce se projevuje v motorickém systému (horní a dolní končetina) a u smyslových orgánů (např. oko).

Laickou veřejností je nejvíce vnímána lateralita horních končetin. Lidská populace je totiž od pradávna pravoruká – více než 90 % lidí používá pro většinu činností přednostně pravou ruku. Velká část nástrojů, přístrojů a pomůcek je proto přizpůsobována k pravorukému užívání. Z vlastní zkušenosti vím, že lidé, kteří dávají přednost své levé horní končetině, tak mají v praktickém životě ztížené podmínky. V dřívějších dobách bylo leváctví dokonce bráno jako patologie. Levoruké děti byly přecvičovány na pravoruké. Později se od toho však upustilo.

Lateralitu dolních končetin vnímají lidé mnohem méně. Významná je především při sportu. Lateralitu oka si lidé často vůbec neuvědomují.

Činnost motorického systému a smyslových orgánů je řízena centrální nervovou soustavou. Lateralita se tak musí projevovat i v řídících centrech v mozku. Funkční asymetrie mozkových hemisfér je velice složitá záležitost, kterou se ve světě zabývá mnoho odborníků především z řad psychologů a neurofyziologů.

Lateralita má vliv na pohybový systém, s jehož poruchami se fyzioterapeut setkává ve své každodenní praxi. Proto by se měl o tuto problematiku zajímat. Navíc podle Vařeky (2001) neurofyziologie společně s biomechanikou představují dva hlavní pilíře kineziologie.

2 CÍLE

Hlavním cílem této bakalářské práce je shrnutí dosavadních poznatků o lateralitě horních končetin, dolních končetin a očí z oblasti neurofyzologie.

Dílčí cíle:

1. Možnosti testování lateralit horních končetin, dolních končetin a očí.
2. Průřezová studie lateralit u studentů 3. ročníku fyzioterapie na FTK Univerzity Palackého v Olomouci.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 Lateralita

2.1.1 Základní pojmy

Při studiu stavby těla člověka i jeho pohybového projevu zjistíme určitou stranovou asymetrii. Tímto problémem se zabývá celá řada odborníků. V domácí i mezinárodní literatuře se můžeme setkat s různými termíny, které se ke stranové asymetrii vztahují (Vařeka, 2001).

Základním pojmem je lateralita (z latinského *latus* – strana, bok). Lateralitou rozumíme asymetrické zapojení párových orgánů do různých funkcí. Projevuje se rozdílnou aktivitou, výkonností či specializací jednoho z párových orgánů vůči druhému (Drnková & Syllabová, 1991).

Lateralita se projevuje laterální preferencí a laterální dominancí. Laterální preference se vyznačuje přednostní volbou a užíváním (nemusí však být výhradní) párového orgánu nebo struktury pro určitou funkci. Laterální dominance se projevuje převládnutím činnosti jednoho (dominantního) orgánu či struktury při současném vykonávání různých činností (funkcí). Dále se projevuje stranovou rozdílností výkonnosti při stejné činnosti (funkci) (Vařeka, 2001).

Preference (resp. dominance) párových orgánů pravé strany těla se nazývá dextrií, naopak levé strany těla sinistrií. Stav, kdy dochází k rovnocennosti párových orgánů (lateralita je nevyhraněná) označujeme jako ambidextrii, či ambilateralitu (Měkota, 1984).

Často je lateralita chápána jako znak kvalitativní se dvěma možnostmi – pravák, nebo levák. Ovšem toto třídění je velmi hrubé (Vařeka, 2001).

Drnková a Syllabová (1991) používají pěti tříd (kategorií), které také označují značkami. Rozdělení do těchto tříd je provedeno na základě kvocientu pravorukosti (Kapitola 2.3.1):

L = vyhraněné, výrazné leváctví

L- = méně vyhraněné, mírné leváctví

A = nevyhraněná, neurčitá lateralita

P- = méně vyhraněné, mírné praváctví

P = vyhraněné, výrazné praváctví.

Lateralitu je také možno považovat za znak kvantitativní. Míra asymetrie se nejčastěji vyjadřuje pomocí indexů, jako je například index dominance – $DI = 100 (R) / (R + L)$. R (resp. L) je hodnota zjištěná pro pravou (resp. levou) stranu. Při $DI < 50$ jde o sinistrii, při $DI >$ jde

o dextrii (Vařeka, 2001).

Existují různé druhy laterality. Rukovost (něm. Händigkeit, angl. handedness), nohovost (něm. Beinigkeit, angl. footedness), zrakovost (něm. Augigkeit, angl. eyedness), točivost (preferovaný či dominantní směr rotace kolem dlouhé osy těla např. při skocích v krasobruslení), zatáčivost (odchylka od přímého směru lokomoce při vyloučení zrakové kontroly) (Vařeka, 2001).

Objevuje se také tzv. zkřížená lateralita, kdy se neshoduje preference (dominance) pohybových a smyslových orgánů (hlavně ruky a oka), nebo horní a dolní končetiny. Zkřížená lateralita se objevuje častěji u leváků než u praváků (Měkota, 1984).

2.1.2 Lateralita horních končetin

Většina populace současných i dřívějších civilizací je a byla pravoruká. V populaci je udáváno zastoupení osob s dominantní levou horní končetinou v rozmezí 1-5 % (Vařeka, 2001).

Čermák, Mohr a Španiel (2006) ve své práci uvádějí, že v České republice má 7 % dospělé populace funkční převahu levé ruky.

Preference ruky se nejvýrazněji projeví v unimanuálních činnostech, které vyžadují účast pouze jedné končetiny. Příkladem může být česání, odmykání klíčem nebo hod míčem. Při bimanuálních činnostech je role rukou rozdělena tak, že preferovaná končetina provádí složitější činnost a druhá končetina jí pomáhá, například při navlékání nitě do jehly. Dominantní ruka pracuje rychleji a dosahuje kvalitnějšího výsledku, bývá také silnější. Preferovaná končetina se účastní nejsložitějších a nejjemnějších činností (Měkota, 1984).

2.1.3 Lateralita dolních končetin

Již ve stádiu plodu je patrna morfologická nesouměrnost dolních končetin. U pravorukých je zpravidla silnější opačná – levá dolní končetina. Proto dlouho převládal názor, že lateralita horních a dolních končetin je zkřížená. Později však byl tento názor vyvrácen. Ukázalo se,

že pohybově obratnější, šikovnější a výkonnostně přesnější nebývá noha morfologicky zdatnější, ale noha opačná, která je většinou na stejné straně těla jako dominantní ruka. Dolní končetiny jsou tedy funkčně specializované tak, že jedna je zdatnější v silových výkonech, kdežto druhá je obratnější v takových činnostech, které vyžadují přesnost. Rozlišuje se tedy noha odrazová (silnější) a noha švihová (obratnější). Preference dolní končetiny se určuje podle švihové nohy (Drnková & Syllabová, 1991).

Preferovaná dolní končetina je kladena jako první na vyvýšenou plochu, při klouzání je umísťována vpředu, je také používána při obraně nebo agresi. Odrazová dolní končetina (nepreferovaná) bývá silnější, protože na ní zpravidla spočívá větší část hmotnosti těla. Dominance dolních končetin se také může promítnout do různé délky kroků. Delší krok bývá při nároku preferovanou končetinou, protože se odráží nepreferovaná, ale silnější končetina (Měkota, 1984).

Při studiu lateralit dolních končetin v populaci bylo zjištěno, že asi 90 % pravorukých lidí má preferovanou rovněž pravou dolní končetinu. Oproti tomu shodná lateralita horních i dolních končetin u levorukých je jen v 70-75 %. Někteří autoři se domnívají, že frekventovanější zkřížená lateralita ruky a nohy u leváků je způsobena přecvičováním nebo patologií v centrálním nervovém systému či periférii. A pokud se u pravorukých lidí vyskytuje preferovaná levá noha, pak tito odborníci předpokládají, že byla horní končetina přecvičena z levorukosti na pravorukost. Tuto domněnku o přecvičování horních končetin ale vyvracuje fakt, že velká část levorukých lidí má zároveň dominantní pravou nohu (Drnková & Syllabová, 1991).

2.1.4 Lateralita oka

Narozdíl od lateralit horních a dolních končetin si lidé dominanci oka vůbec neuvědomují. Přitom se při zkoumání lateralit oka rozlišují dvě různé dominance. Zjišťuje se tzv. zaměřovací oko (angl. sighting eye). Toto oko se přednostně používá při monokulárním vidění, kdy se jedinec dívá pouze jedním okem. Dále se určuje tzv. řídicí oko (angl. controlling eye), které je dominantní při binokulárním vidění, kdy se člověk dívá oběma očima. Výsledky zkoušek lateralit v monokulárním a binokulárním řízení se nesmějí sčítat, protože jde o dvě různé dominance. Ze 100 dětí byla při vyšetření řídicího oka zjištěna levoookost u 38 %, obouookost u 7 % a pravoookost u 55%. U zaměřovacího oka se objevila levoookost u 40 %, obouookost u 7 % a pravoookost u 53 % dětí. (Drnková & Syllabová, 1991).

2.1.5 Dědičnost laterality

Jedno z často diskutovaných témat u laterality je otázka, zda se jedná o dědičnou vlastnost, nebo zda je spíše pod vlivem okolního prostředí. Jeden z genetických modelů představil McManus, který předpokládá, že existuje alela D a alela C. Homozygotní genotyp DD vede ke 100% praváctví a homozygotní CC ke kolísavé asymetrii. Heterozygotní genotyp DC vede k 25% levorukosti (Agtmael, Forrest, & Williamson, 2001).

Další model navrhl Klar. Gen RGHT, který způsobuje pravorukost, má dvě alely R a r. Homozygotní genotyp R/R i heterozygotní R/r vede k pravorukosti potomků. Homozygotní genotyp r/r vede ke kolísavé asymetrii, takže 50 % jedinců s tímto genotypem bude pravorukých a 50 % bude levorukých (Agtmael et al., 2001).

Další známou teorií je existence genu RS (right-shift-factor), kterou navrhla Annettová (1998). Gen RS má dvě alely – dominantní RS+ a recesivní RS-. Pokud je přítomna alela RS+, je zvýhodněna levá hemisféra. Jedinci bez této alely tuto tendenci nemají, takže ztrácí zvýšenou možnost vzniku řečového centra v levé hemisféře. Heterozygoti RS+- mají mírnou tendenci k dextrii bez toho, aby byla výrazně znevýhodněna pravá hemisféra. Homozygoti RS++ vykazují výraznou tendenci k dextrii. Mají však také velmi slabé výkony levé poloviny těla. Homozygoti RS-- se častěji stávají pravorukými než levorukými, protože u nich výrazně působí vliv okolí. Annettová také vyjádřila myšlenku, že na RS gen mají vliv též faktory, které ovlivňují časný vývoj dítěte v děloze. Například dívky jsou po narození mírně vyspělejší a je mezi nimi více pravorukých. Naopak děti s velmi nízkou porodní váhou jsou častěji leváci či ambidextři.

2.2 Neurofyziologické podklady

2.2.1 Anatomická asymetrie mozkových hemisfér

Lidský mozek je anatomicky i funkčně stranově nesouměrný. Geschwind a Lewitsky roku 1968 zjistili, že planum temporale (trojúhelníkovitá ploška kůry na horní ploše horního spánkového závitu bezprostředně nad Heschlovým závitem) je větší vlevo u 65 % jedinců, stejně jako napravo u 24 % jedinců a napravo je větší u 11 % jedinců. Stranová asymetrie planum temporale je zřejmá již v 31. týdnu těhotenství (Koukolík, 2000).

Ačkoliv je levé planum temporale prodloužením Wernickeova zadního centra pro vnímání řeči, tak se jeho asymetrie objevuje i u jiných vyšších primátů, například u šimpanzů. Jeho značný nárůst u lidí ukazuje na spojitost s vývojem řeči. U člověka je levé planum temporale víc než desetkrát větší než jeho protějšek v pravé hemisféře (Toga & Thompson, 2003).

Nesouměrnost je rovněž doložena u zadní části pars triangularis dolního čelního závitu, která je častěji větší vlevo. Statisticky nejvýznamnější vztah ke stranovým nesouměrnostem mozku má preference ruky. Praváci mají většinou větší pravý čelní lalok, levý spánkový lalok a levý týlní lalok než stejné oblasti v druhé hemisféře mozku. Dále mají větší týlní roh levé postranní komory než pravé. U leváků již není rozdílnost čelních laloků tak vyhraněná. Mají také častěji větší pravý čelní lalok než levý, ale je zde také nárůst od praváků častější zastoupení jedinců se stejně velkými čelními laloky nebo větším levým čelním lalokem. Podobně je tomu i u týlního laloku nebo u týlního rohu levé postranní komory. V levém sulcus centralis je korová oblast reprezentující pravou horní končetinu rozsáhlejší, než je stejná oblast pro levou horní končetinu v pravém sulcus centralis (Koukolík, 2000).

Další asymetrie jsou vidět u Sylviovy fissury. Studie ukázala, že vpravo byla vyšší u 67 % pravorukých, ale jen u 21 % levorukých (Toga & Thompson, 2003).

2.2.2 Funkční asymetrie mozkových hemisfér

Dříve se předpokládalo, že funkční asymetrie mozkových hemisfér je ryze lidská záležitost, ale později bylo dokázáno, že se vyskytuje i u dalších primátů a jiných druhů zvířat (Toga & Thompson, 2003).

Činnost mozkových hemisfér je rozdílná a vysoce specializovaná. Existuje názor, že původ této specializace u lidí je pravděpodobně ve výrobě a užívání nástrojů (Drnková & Syllabová, 1991).

První detailní popis funkční asymetrie lidského mozku provedl v šedesátých letech 19. století francouzský lékař Paul Broca (1824-1880). Při studiu afázie zjistil, že motorické centrum řeči se nalézá v levé hemisféře (Sun & Walsh, 2006).

Liepmann (1863-1925) jako jeden z prvních upozornil na asymetrii v hemisférách při pohybech končetin. Domníval se, že levá hemisféra je dominantní při kontrole pohybu v tom smyslu, že obsahuje určitou „formuli pohybu“, která je určená pro obě strany těla. Ale tato teorie byla brzy vyvrácena (Serrien, Ivry, & Swinnen, 2006).

Byla také prokázána souvislost mezi hemisférou specializovanou pro řeč a šikovnější protilehlou rukou. Díky tomu převládl názor, že centra řeči jsou u praváků v levé a u leváků v pravé polovině mozku. Tato vedoucí hemisféra tak byla nazvána dominantní, druhá pak byla označena jako subordinovaná (nedominantní), tedy méně významná. Stejná dominantní hemisféra jako pro řeč a ruku byla předpokládána i u ostatních párových orgánů – očí, nohou a uší. Pokud se vyskytla výjimka, pak byla vysvětlována patologií či poruchou jednoho z párových orgánů či jedné poloviny mozku, nebo přecvičením funkce orgánu. V polovině 20. století však stále více autorů poukazovalo na to, že zejména u leváků tato mozková dominance neplatí. Klinické nálezy potvrdily, že korová řečová oblast u leváků se může nacházet v pravé hemisféře, ale že se dokonce častěji může nacházet v levé hemisféře (Drnková & Syllabová, 1991).

Od pojmu „dominantní hemisféra“ se upouští, protože je zřejmé, že druhá hemisféra není méně vyvinuta, takže není nedominantní, ale je specializovaná na jiné funkce. Pokud se hovoří o dominanci, musí se vztahovat k určité funkci, která je převážně nebo výhradně lokalizována v dané hemisféře (Ganong, 2005).

Ganong (2005) uvádí pojmy kategorická a reprezentační hemisféra. V kategorické hemisféře se nacházejí centra pro analýzu sériových (sekvenčních) procesů a řečová centra. V reprezentační hemisféře jsou centra pro zpracování prostorových vztahů, umožňuje rozpoznávat obličeje, identifikovat předměty podle tvaru nebo poznat melodii hudby.

Léze kategorické hemisféry vyvolává zejména poruchu řeči a pohybu na kontralaterální polovině těla. Narozdíl od poškození kategorické hemisféry si pacienti lézi reprezentační hemisféry neuvědomují, může vzniknout nevšimavost až ignorace protilehlé poloviny těla. Dále poškození v této hemisféře způsobí astereognosii (tj. neschopnost rozpoznat předměty hmatem), jiné typy agnozie a potíže s rozpoznáváním emocí jiných osob (Ganong, 2005).

Nové výzkumy asymetrie mozku však ukazují, že uspořádání specializovaných oblastí v hemisférách není tak jednoduché, jak se může zdát. Často se uvádí právě takové asymetrie jednotlivých funkcí, které se nacházejí u většiny populace, což jsou pravorucí lidé s levou dominantní hemisférou pro řeč a pohyby horní končetiny. Mohlo by se zdát, že u levorukých bude uspořádání hemisfér přesně opačné, ale pravda je mnohem složitější. Některé specializované oblasti se nacházejí v obou hemisférách, některé v jedné či druhé nezávisle na jiných oblastech. Z tohoto vyplývá, že ne všichni lidé mají hemisféry stejně lateralizované (Papousek & Schuller, 2006).

Zatímco levá hemisféra u praváků je dominantní pro řeč a preferovanou ruku, pravá hemisféra je dominantní pro prostorovou paměť, učení a orientaci (Serrien et al., 2006).

U leváků mohou být nadprůměrné schopnosti řešit prostorové úlohy. Je mezi nimi velké množství umělců, hudebníků a matematiků (Ganong, 2005).

2.2.3 Lateralita horních a dolních končetin

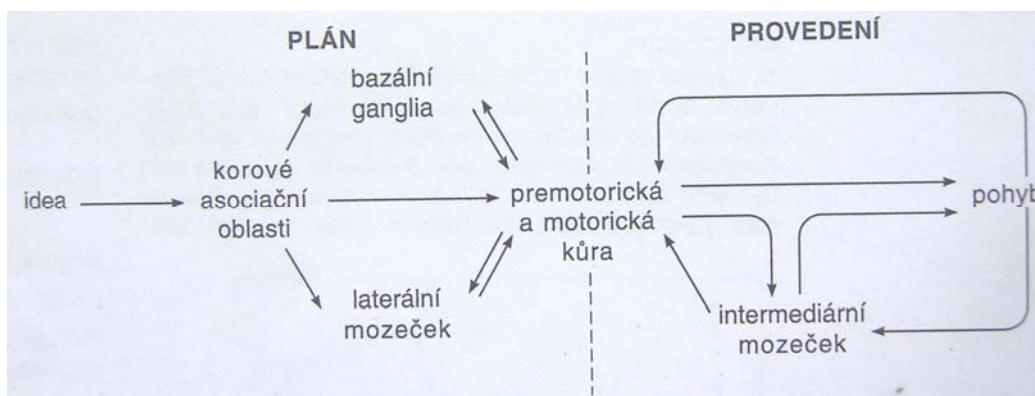
2.2.3.1 Řízení volní hybnosti

Motorický nervový systém je uspořádaný kaskádovitě a zahrnuje všechny nervové struktury, jejichž převážným úkolem je kontrola držení těla a pohybu. Funkční uspořádání nervové soustavy je podle fylogenetického řádu – v míše mají centra nejjednodušší reflexy, kterým jsou nadřazeny vyšší oddíly CNS. Nejvýše položená je motorická oblast mozkové kůry (Nevšímalová, Růžicka, & Tichý, 2002).

Uvnitř mozku je plánován pohybový vzorec pro volní pohyby. Pověly jsou cestou kortikospinálního a kortikobulbárního systému vysílány k jednotlivým svalům. Dále je pohyb koordinován mediální a intermediální částí mozečku (spinocerebellum) a jeho spoji. Bazální ganglia a laterální část mozečku (neocerebellum) jsou součástí zpětnovazebního okruhu do premotorické a motorické kůry (Ganong, 2005).

Ganong (2005) uvádí, že existuje určité obecné schéma řízení motorické činnosti (Obrázek 1). Z korových asociačních oblastí pocházejí příkazy pro volní pohyby. Ty jsou dále plánovány v kůře, v bazálních gangliích a v laterálních částech mozečkových hemisfér. Z bazálních ganglií a mozečku jdou informace prostřednictvím thalamických drah do motorické a premotorické kůry. Odtud dále pokračují kortikospinální nebo kortikobulbární dráhou k motoneuronům spinální míchy či mozkového kmene. Motoneurony končí na motorické ploténce daného svalu, který vykoná pohyb. Zpětnovazebné informace o pohybu vysílají proprioreceptory daného svalu zpět do motorické kůry a spinocerebella.

Obrázek 1. Řízení motorické činnosti (Ganong, 2005)



Mozková kůra

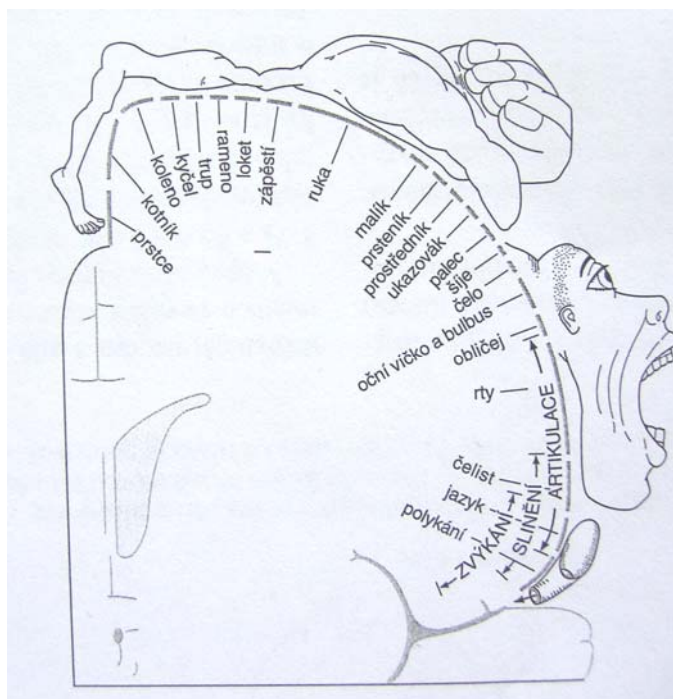
Mozková kůra zaujímá dominantní postavení při vzniku cílených, volných a úmyslných pohybů. Vstupní informace pro úmyslné pohyby je zajištěna receptory. Po té je analyzována mozkovou kůrou společně s podkořím, především retikulární formací talamu. Tato informace je porovnávána s předchozími, které jsou uloženy v paměti. Na základě vzájemného porovnávání a hodnocení se vytváří výstupní motorická informace. Ta je vysílána jednak přímo drahou kortikospinální, jednak nepřímo (mimo pyramidy) do páteřní míchy (Trojan, 1999).

Do korové motorické oblasti patří primární motorická oblast (M1) v gyrus praecentralis, suplementární motorická oblast, která je nad horní částí sulcus cinguli na mediální straně hemisfér. Také se sem řadí premotorická kůra na laterálním povrchu mozku. Motorické odpovědi jsou dále vyvolány i stimulací somatické senzorické oblasti I v gyrus postcentralis a somatické senzorické oblasti II ve stěně fissura Silvii (Ganong, 2005).

- Primární motorická korová oblast

Hlavní korové centrum pro motoriku je u člověka umístěno před hlavní mozkovou rýhou v gyrus praecentralis (Brodmanova area 4). Nejdůležitější informace vycházejí z V. vrstvy této oblasti, z velkých Becových pyramid. Becovy buňky jsou topograficky seřazeny podle vztahů k jednotlivým svalům a svalovým skupinám, jedná se o somatotopickou organizaci, nebo-li motorického homunkula (Obrázek 2) (Trojan, 1999).

Obrázek 2. Motorický homunkulus: (Ganong, 2005)



Na mediální straně hemisféry se nacházejí okrsky pro svaly nohy a bérce, na vrcholu hemisféry pro svaly pletence dolní končetiny a stehna, na zevní straně hemisféry shora dolů pro svaly trupu, pletence horní končetiny, paže, předloktí a ruky, v dolním úseku pro mimické a žvýkácké svaly, svaly jazyka, laryngu a faryngu (Čihák, 2004).

Činnost určitých svalů řídí skupiny buněk, tzv. jádra. Kolem těchto jader je uloženo tzv. pole, které má k příslušným svalům určitý vztah. Jádra se nikde nepřekrývají, ale pole ano. Čím přesnější a cílenější je řízení svalové činnosti, tím menší je divergence informací. U složitých a přesných pohybů je potřeba účasti většího počtu Becových buněk. Největší plochu tak zaujímají neurony řídící svalstvo jazyka, hrtanu a svalstvo ruky (jemná motorika). Korové oblasti pro činnost svalstva trupu zasahují až do arey 6 a vyznačují se relativně značnou divergencí. Informace z mozkové kůry má význam základního rozhodujícího impulsu. Do své konečné podoby je upravován na alfa-motoneuronech míšních. Děje se tak na základě zpětných vazeb činností nižších oddílů CNS, především spinální míchy, retikulární formace, mozečku a bazálních ganglií (Trojan, 1999).

Podle Ganonga (2005) není mapa motorické kůry stále stejně uspořádaná, ale mění se zkušenostmi. Uplatňuje se zde plasticita mozku. Pomocí fMRI bylo zjištěno, že například oblast prstů v kontralaterální mozkové kůře se zvětšuje s tím, jak se jedinec učí vzorci rychlých pohybů jedné ruky. Podobně se plasticita mozkové kůry uplatnila v případě, kdy u opic došlo

k malé ischemické lézi v oblasti reprezentace ruky v motorické kůře. Následně se vytvořila tato oblast v sousední nezasazené oblasti kůry.

- **Suplementární motorická oblast**

Suplementární motorická oblast se primárně podílí na programování následných motorických aktivit. Jedná se o volní pohyby, které jsou komplexní. Krevní proud v této oblasti stoupá nezávisle na tom, jestli je pohyb proveden nebo ne. Projekce z větší části suplementární motorické kůry přicházejí do primární motorické kůry (Ganong, 2005).

- **Premotorická kůra**

Z premotorické kůry (area 6) vychází část kortikospinální a kortikobulbární dráhy. Dále vysílá projekce do oblasti mozkového kmene a do primární motorické kůry. Její funkcí je pravděpodobně nastavení polohy těla na začátku plánovaného pohybu a příprava jedince k jeho konání (Ganong, 2005).

- **Posteriorní část parietální kůry**

Somatická senzorická oblast, která se v této části kůry nachází, vysílá kromě části vláken kortikospinální a kortikobulbární dráhy také projekce do premotorické oblasti. Jednotlivé části parietální kůry se účastní vykonávání naučeného sledu pohybů (somatická senzorická oblast), cílených pohybů rukou k předmětu a manipulace s ním (area 5) a na koordinaci ruka-oko (area 7) (Ganong, 2005).

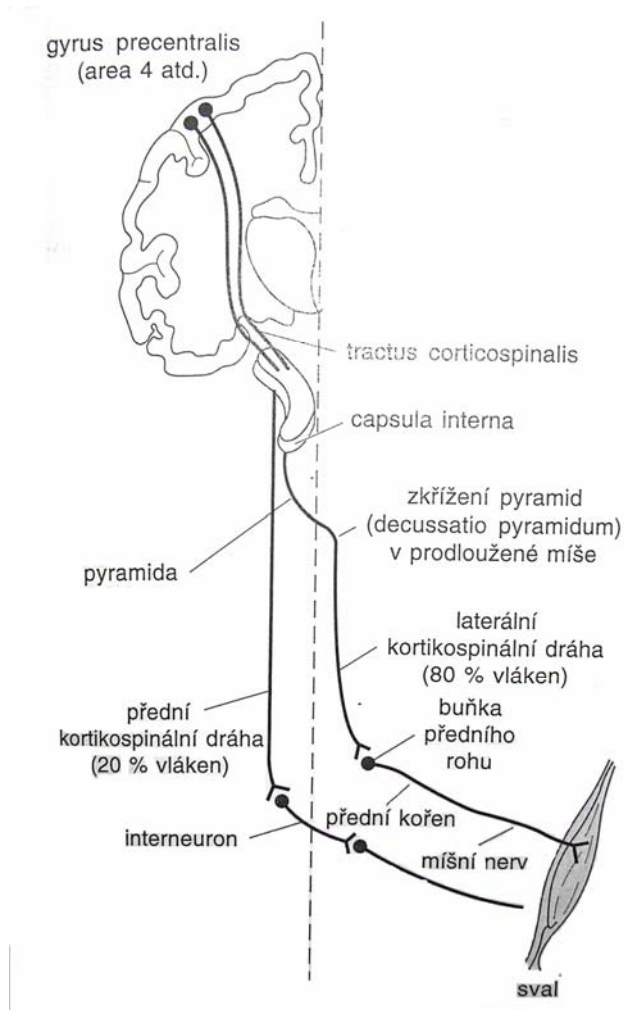
Kortikospinální dráha

Tractus corticospinalis (Obrázek 3) spojuje kůru mozkovou s páteřní míchou. Tato dráha je také označována jako pyramidový systém, protože její laterální vlákna tvoří v prodloužené míše pyramidy (Ganong, 2005).

Kortikospinální dráha je přímé jednoneuronové spojení. Většina nervových vláken kortikospinální dráhy začíná v V. vrstvě mozkové kůry (area 4 a 6), další část vláken vychází z VI. a II. vrstvy (Trojan, 1999).

Dále dráha sestupuje skrz capsula interna do crura cerebri (zde je uložena uprostřed), pokračuje do bazální části pontu, na přechodu pontu a oblongaty vytváří povrchové valy, tzv. pyramides medullae oblongatae. Na přechodu oblongaty a míchy se asi 80 % vláken kříží v decussatio pyramidum. V postranních míšních provazcích sestupuje tractus corticospinalis lateralis, který obsahuje zkřížená vlákna a v předních míšních provazcích sestupuje tractus corticospinalis anterior (ventralis), který obsahuje nezkřížená vlákna. Ta se následně kříží přímo v míšním segmentu, do kterého vstoupila (Čihák, 2004).

Obrázek 3. Tractus corticospinalis (Ganong, 2005)



Při průchodu mozkem kortikospinální dráha odevzdává kolaterální vlákna k buňkám striata, nucleus ruber, substantia nigra, nuclei pontis, formatio reticularis a k motorickým jádrům hlavových nervů (Trojan, 1999).

Kortikospinální dráha je stejně jako primární motorická oblast uspořádána somatotopicky. V capsula interna je pořadí segmentů od předu dozadu. V mozkovém kmeni je toto uspořádání

od mediální strany k laterální. Vlákná tractus corticospinalis končí na interneuronech (Rexedova zóna VII) a na motoneuronech (Rexedova zóna IX) v předních rozích příslušného míšního segmentu (Čihák, 2004).

Tractus corticospinalis mají z obratlovců v podstatě jen savci. Zatímco u primátů vyvolá jeho kompletní zničení poměrně výrazné motorické ztráty, u psů nebo koček do změny motoriky příliš nezasáhne. Tento hlavní motorický systém je primární drahou pro zahájení propracovaných volních pohybů, ale neznamená to, že pohyby jsou bez něj nemožné (Ganong, 2005).

Motorická jednotka

Motorická jednotka je tvořena motoneuronem, který začíná v předních rozích míšních nebo v jádrech hlavových nervů a svalovými vlákny inervovanými jeho axonem. Velikost motorické jednotky je různá – od několika svalových vláken (nitrooční svaly) po tisíce (zádové svaly) (Nevšimalová et al., 2002).

Na motoneurony jednoho míšního segmentu se sbíhá množství podnětů z proprioreceptorů a exteroceptorů, z jiných míšních segmentů a vyšších oddílů CNS, které mají excitační a inhibiční charakter. Všechny tyto vlivy určují výstupní informaci alfa-motoneuronu (Trojan, 1999).

2.2.3.2 Lateralita horních končetin a řeč

Levá hemisféra je u téměř všech praváků zodpovědná zejména za pohybovou funkci a řeč. Většina vědců se domnívá, že obě dvě specializované funkce jsou spolu spřízněné, ale ve skutečnosti na toto téma probíhá mnoho debat. Jedna z hypotéz se domnívá, že pro propojení korové oblasti pro pohyby horní končetiny s oblastí pro řeč mohl být základem vývoj řeči z gestikulace rukou (Serrien et al., 2006).

Poprvé byla tato hypotéza prezentována Condillacem v roce 1746. Jde o to, že centrum gestikulace a složitých pohybů dominantní ruky bylo převážně v levé hemisféře, a to pravděpodobně vedlo k stejnostrannému vývoji centra pro motorickou kontrolu řeči – Brocovy oblasti. Toto centrum však není omezeno pouze na řeč. Velcí lidoopi, jako například šimpanzi nebo gorily mají také vyvinutou Brodmannovu areu 44 (součást Brocovy oblasti), která kontroluje svaly tváře a hlasového ústrojí. Tato oblast se utvořila pravděpodobně jako spojení mezi gestikulací a hlasovým projevem primátů. Mnoho dalších výzkumů potvrdilo hypotézu,

že mluvená řeč se vyvinula z posunkové řeči v závislosti na asymetrii motorického kontrolního systému (Toga & Thompson, 2003).

Posunková řeč rukou je historicky nejstarší forma komunikace lidstva. Postupně ji začali doprovázet hlasové projevy, které se nakonec zdokonalily v artikulovanou řeč. Gestikulace doprovází mluvenou řeč ještě dnes (Drnková & Syllabová, 1991).

Psycholožka Kimurová zkoumala pohyby rukou při řeči. Došla k závěru, že zdůrazňující pohyby horních končetin bývají nesorměrné – jedna ruka bývá aktivnější. U praváků řídí levá hemisféra výraznější gestikulaci pravé ruky, pokud je ovšem řeč ovládána z pravé hemisféry, je aktivnější levá ruka (Drnková & Syllabová, 1991).

Od té doby, co v 19. století Paul Broca popsal centrum řeči v levé hemisféře u praváků, se předpokládalo, že u leváků je tomu naopak – pravá hemisféra je dominantní pro řeč. Avšak později Luria poukázal na skutečnost, že u leváků po lézi levé hemisféry také dochází k afázii. Proto Brocovo pravidlo nemohlo být universální (Knecht et al., 2000)

Podle Togy a Thompsona (2003) na sobě dominance řeči a horní končetiny plně nezávisí. Praváci se vyznačují typickou levostrannou dominancí řeči – v levé hemisféře má toto centrum uloženo 97 % praváků, zatímco v pravé nebo v obou hemisférách jen 3 % pravorukých. Naopak 70 % levorukých má centrum pro řeč uloženo v levé hemisféře, a 30 % v pravé nebo obou hemisférách.

Knecht et al. (2000) pomocí svého výzkumu zjistil, že lateralita řeči je vysoce závislá na stupni rukovosti. A dá se matematicky vypočítat podle vzorečku: pravděpodobnost pravostranné dominance řeči (%) = 15% - rukovost (%) / 10.

Podle Motlové a Koukolíka mají leváci s levostrannou dominancí řeči větší corpus callosum než mají leváci a praváci s pravostrannou řečovou dominancí. Z toho by mohlo vyplývat, že reprezentace řeči a dominantní ruky v opačných hemisférách vyžaduje větší počet interhemisferálních spojení (Čermák et al., 2006).

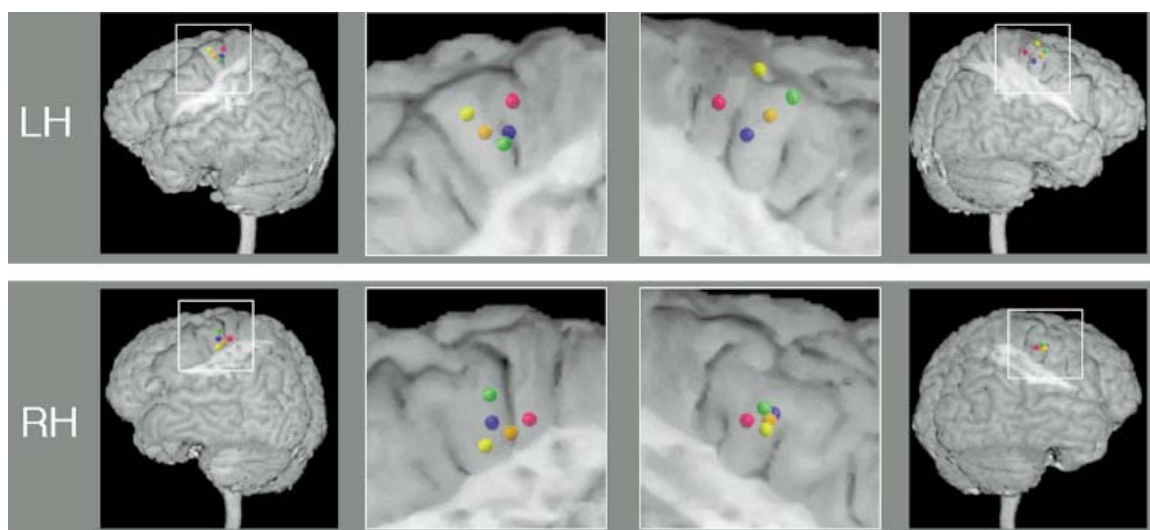
2.2.3.3 Organizace primární motorické kůry

V organizaci mozkové kůry existují dva základní principy: funkční specializace, kdy jednotlivé nervové okruhy mají svou specializovanou úlohu a funkční integrace, kdy určité úlohy vyžadují rozsáhlou spolupráci mezi specializovanými nervovými oblastmi. Pokud se mluví o korové funkci, musí se brát tyto dva principy jako doplňující se (Serrien et al., 2006).

Podle Volkmana, Schnitzlera, Wittea a Freunda (1998) je reprezentace pohybu ruky a prstů v primární mozkové kůře nesomatotopická. Jejich studie odhalila významné odlišnosti

v prostorovém uspořádání oblastí zodpovídajících za pohyby ruky a prstů v jednotlivých hemisférách. V nedominantní hemisféře se aktivuje méně rozsáhlá oblast pro ovládání pohybů horní končetiny (Obrázek 4).

Obrázek 4. Asymetrie oblasti pro horní končetinu v primární motorické kůře (Volkman et al., 1998)



Vysvětlivky: LH - preferovaná levá horní končetina, RH - preferovaná pravá horní končetina, ● - flexe palce, ● - flexe zápěstí, ● - abdukce ukazováku, ● - extenze ukazováku, ● - abdukce malíku.

Také Dassonville, Zhu, Ugurbil, Kim a Ashe (1997) ve svém výzkumu zjistili, že aktivace kontralaterální motorické kůry byla u levorukých i pravorukých probandů vyšší při pohybu dominantní končetinou. Dále vypožorovali korelaci mezi funkční asymetrií hemisfér a stupněm rukovosti. Aktivace motorické kůry byla vyšší s rostoucím stupněm rukovosti.

Je velice pravděpodobné, že rozšíření motorické oblasti pro horní končetinu v dominantní hemisféře má za následek výkonnější zpracování motorického výstupu preferované ruky. Vyšší výkonnost může být způsobena také zvýšeným počtem neuronů nebo těsnější konektivitou uvnitř oblasti. Důsledkem toho je pravděpodobně preferovaná ruka šikvnější (Volkman et al., 1998).

Topografická organizace neuronových svazků v primární motorické kůře podporuje teorii, která předpokládá, že v kůře dochází k seskupení oblastí různých svalových skupin do synergií, které mají kinesilogický smysl. Při takovém uspořádání by bylo ekonomické překrývání oblastí pro různé pohyby, které by měly společné části pro svalové skupiny, které se obvykle v těchto synergiích vyskytují (Volkman et al., 1998).

Volkman et al. (1998) předpokládá, že funkční asymetrie motorické oblasti pro horní končetinu je spíše podmínkou než důsledkem rukovosti. Podíl vlivu faktoru prostředí na vývoj mozkové asymetrie (a preference ruky) je podle jeho názoru omezený.

Pomocí magnetické resonance bylo dokázáno, že levá primární korová oblast u praváků má větší konektivitu s přidruženou kortikospinální dráhou. Tato dráha má podle některých studií také vyšší dráždivost (Serrien et al., 2006).

2.2.3.4 Funkční asymetrie primární motorické oblasti

Lateralita pohybových funkcí je mnohostranný proces, během kterého není funkční zapojení hemisfér stále stejné, ale je flexibilní. Je ovlivněné a řízené mnoha faktory: typ a složitost prováděného pohybu, stupeň dovednosti daného pohybu, aktuální stav centrální nervové soustavy a zaměření pozornosti toho, kdo pohyb provádí (Serrien et al., 2006).

Levá hemisféra u praváků kontroluje děje s otevřeným regulačním řetězcem (dobře známé motorické programy), zatímco pravá hemisféra kontroluje procesy s uzavřeným regulačním řetězcem (závislé na senzorické zpětné vazbě). Dominantní hemisféra tak kontroluje dynamickou část pohybu a nedominantní hemisféra finální pozici končetiny a posturu (Serrien et al., 2006).

Nedominantní hemisféra se účastní představy či plánování nového a nevyzkoušeného pohybu, naopak dominantní hemisféra plánuje již vyzkoušené a naučené činnosti. Literatura také zdůrazňuje zapojení dominantní poloviny mozku do pohybové organizace a selekce, stejně jako do pohybové představivosti a učení (Serrien et al., 2006).

Pravá hemisféra u praváků je také dominantní pro kontrolní funkci při konfliktních situacích, kdy je předpokládána nesouhra mezi pohybovým úmyslem, propriocepcí a zpětnou vazbou zraku (například při zvednutí určité končetiny při pohledu do zrcadla) (Serrien et al., 2006).

Klinické výzkumy prokázaly, že pokud je u praváků levá hemisféra více specializovaná pro kontrolu volního pohybu, potom jsou motorické oblasti v pravé hemisféře závislé na regionech, které jsou zodpovědné za plánování a výkon pohybu a leží v levé hemisféře. Levostranné poškození mozku pak vede k většímu postižení motoriky stejnostranné končetiny než pravostranné poškození (Agnew, Zeffiro, & Eden, 2004).

2.2.3.5 Zapojení hemisfér při bimanuálních činnostech

Podíl zapojení každé hemisféry je regulován podle složitosti pohybu. Jednoduché činnosti, jako například pohyb jedním prstem, jsou řízeny pouze z lokálních nervových svazků

kontraletarální hemisféry dané končetiny. Oproti tomu komplexní pohyby již vyžadují zapojení obou hemisfér, protože je zde již vyžadován určitý stupeň pozornosti (Serrien et al., 2006).

Bimanuální činnost vyžaduje komplexnější koordinaci mezi končetinami, než když je k úkonu použita pouze jedna končetina. Dochází ke složité kombinaci symetrických i asymetrických aktivací svalů (Theorin & Johansson, 2007).

Theorin a Johansson (2007) ve svém výzkumu zjistili, že při bimanuálních činnostech se kromě primární motorické kůry aktivují i dorsální parietální oblast a premotorická korová oblast. Nízká aktivita je také pozorovatelná v lobus parietalis inferioris a ventrální premotorické korové oblasti. Theorin a Johansson předpokládají, že dorsální část frontoparietální oblasti se účastní pohybů, které jsou zrakově a prostorově specifikované. Oproti tomu ventrální část se primárně podílí na pohybech, které jsou orientované na určitý předmět, jako například užívání nástrojů.

Agnew et al. (2004) také potvrzují, že v primární mozkové kůře existují dvě ohniska pro aktivaci ruky a zápěstí - kaudální a rostrální oblast posteriorního gyru praecentralis. Každá oblast přijímá různé aferentní signály. Kaudální část dostává zpětné informace z povrchových kožních receptorů. Rostrální část přijímá aferentní signály z hlubokých kloubních a svalových receptorů. Více automatizované pohyby pravé dominantní ruky způsobují vyšší aktivaci rostrální části. Činnosti, které vyžadují vyšší sensorickou kontrolu aktivují spíše kaudální část posteriorního gyru praecentralis. Ta je aktivována také v případě, pokud se pohybu účastní méně dovedná levá ruka.

2.2.3.6 Přecvičování levorukých dětí

V dřívějších dobách byly levoruké děti většinou přecvičovány, aby byly pravoruké. Rodiče a pedagogové se obávali, že levoruké dítě by v naší pravoruké civilizaci neuspělo. Přecvičováním se však riskuje možnost většího či menšího poškození vývoje mozkových mechanismů. Dítě tak může být poznamenáno na celý život. Dnes se již rukovost u dětí nepřecvičuje, avšak v populaci je stále velké procento těch, kteří přeučováni byli (Drnková & Syllabová, 1991).

Ukázalo se, že potíže s učením (např. dyslexie) jsou 12krát častější u leváků než u praváků. Pravděpodobně se tak děje pro změnu rukovosti v dětství (Ganong, 2005).

Také Annetová (1998) se ve své práci zmiňuje o dyslexii, která je častěji diagnostikována

u leváků. Dříve se předpokládalo, že leváctví a potíže s učením způsobuje časné poškození mozku v dětství či hormonální nerovnováha při růstu hemisfér. Ale ve skutečnosti ne každé leváctví je patologické.

Pokud je levoruké dítě přecvičováno, dochází k trvalé deformaci v poměrech mozkové nesouměrnosti, což se projeví ve fenotypu laterality. Kvůli své flexibilitě se mozek přizpůsobí vnějšímu tlaku a adaptuje se vůči poměrům, které nejsou v souladu s genetickým základem. Dále díky plastičnosti se mozek trvale vyrovná s deformacemi, které jsou způsobené vnějšími vlivy. Tato deformace většinou proběhne bez následků. Občas však vyvolá dysfunkci některých mechanismů. U dítěte tak následkem přecvičování může vzniknout například koktání, ale i zdravotní, intelektuální či charakterové poruchy. Byly také popsány případy neuróz, poruchy psychosomatických vztahů, poruchy chování, sociálních vztahů a ve školní a pracovní výkonnosti (Drnková & Syllabová, 1991).

2.2.3.7 Lateralita dolních končetin

Ačkoliv mezi rukovostí a nohovostí existuje určitá příbuznost, jsou zde jisté důležité rozdíly. Zatímco jedna dolní končetina je dominantní pro přesné pohyby, druhá je dominantní pro posturální stabilitu (Bell & Gabbard, 2000).

Lateralita dolních končetin je méně ovlivňována okolním prostředím a kulturou. Levorucí lidé žijí v „pravorukém“ světě, kdy většina nástrojů je vyráběna pro pravoruké užívání. To by mohlo vysvětlit fakt, že někteří jedinci, kteří mají dominantní pravou horní končetinu (pravděpodobně díky přeučení), mají dominantní levou dolní končetinu. Ale nevysvětluje to fakt, že existuje vyšší počet lidí, u kterých se vyskytuje zkřížená lateralita, kdy mají dominantní levou horní a pravou dolní končetinu. Tento fakt popírá dřívější domněnku, že laterální preference u lidí je globální (Elias & Bryden, 1998).

Jedna z hypotéz vzniku laterality je ta, že první specializace hemisfér byla na používání levé ruky pro unimanuální činnosti a tím pravé hemisféry. Posturální náročnost dále vedla k vývoji specializace levé hemisféry pro posturální oporu. Protože tato posturální stabilita je potřebná pro tvorbu řeči (dýchací systém, tvorba hlásek), vzniklo centrum pro řeč v levé hemisféře. Avšak proti této teorii svědčí fakt, že nepreferovaná noha, která slouží jako stabilizační (poskytuje stabilní posturu), je kontrolována většinou z opačné hemisféry, než která je dominantní pro řeč (Elias & Bryden, 1998).

Elias a Bryden (1998) ve svém výzkumu zjistili, že preference dolní končetiny přesněji určuje dominanci centra pro řeč než preference horní končetiny. Tento výsledek je překvapivý, protože spousta činností spojuje horní končetinu a řeč (například psaní, či gestikulování při řeči), ale mezi dominantní dolní končetinou a řečí přímá souvislost není.

Jiná teorie vychází z předpokladu, že předci lidí používali k držení (například větve) levou ruku, zatímco pravá ruka sbírala jídlo. K udržení stability dále pomáhala levá noha. To vede k předpokladu, že se většinou vyskytuje nezkřížená lateralita (dominantní pravá ruka a pravá noha) a že síla svalů nohou je vyšší na nedominantní (stabilizační) noze. Tyto hypotézy byly potvrzeny (Hatta, Ito, Matsuyama, & Hasegava, 2005).

Lidé s určitým stupněm pravorukosti mají také z 95 % jistý stupeň pravonohosti. Avšak u jedinců, kteří mají dominantní levou horní končetinu tato shoda není. Velká část levorukých lidí je současně pravonohých, mají tak centrum pro řízení dominantní nohy v levém čelním laloku. Koordinace mezi hemisférami u leváků je tak zřejmě složitější než u praváků (Drnková & Syllabová, 1991).

Bell a Gabbard (2000) ve své studii prokázali, že nohovost se v průběhu dospělosti mění. Zvyšuje se počet lidí, kteří mají dominantní pravou nohu. Zatímco u levonohých lidí změna většinou nenastává, u lidí, kteří mají smíšenou lateralitu dolních končetin, dochází často ke změně právě na pravonohost.

2.2.4 Zrakový systém

2.2.4.1 Zraková dráha

Optický systém v každém oku soustřeďuje světelné paprsky na sítnici, která se skládá z deseti vrstev. V těchto vrstvách jsou uloženy jednak fotoreceptory tyčinky a čípky, jednak čtyři typy neuronů – bipolární buňky, gangliové buňky, horizontální buňky a amakrinní buňky. Tyčinky a čípky jsou synapticky spojeny s bipolárními buňkami a ty se dále synapticky pojí s gangliovými buňkami. Jejich axony se sbíhají a tvoří tak zrakový nerv. V každém oku se nachází přibližně 6 milionů čípků a 120 milionů tyčinek. Z receptorů přes bipolární buňky na gangliové probíhá značná konvergence – 105 : 1. V každém zrakovém nervu je tak jen 1,2 milionu nervových vláken (Ganong, 2005).

Díky horizontálním a amakrinním buňkám je umožněn převod podnětů z většího počtu tyčinek a čípků na jednu gangliovou buňku. Horizontální buňky jsou vloženy mezi axony

tyčinek a čípků a dendrity bipolárních buněk, amakrinní buňky se nacházejí mezi axony bipolárních buněk a dendrity gangliových buněk (Čihák, 2004).

Zrakový nerv – nervus optikus – vychází z bulbu společně s retinálními cévami v bodě nazývaném diskus opticus. Tento bod leží 3 mm mediálně od zadního pólu bulbu a mírně nad ním. Nejsou zde žádné zrakové receptory, je to tzv. slepá skvrna. Nervus opticus pokračuje do chiasma opticum (Obrázek 5), kde se kříží vlákna z obou nazálních polovin sítnice. Dále pokračuje tractus opticus, který obsahuje vlákna z nazální poloviny jedné a z temporální poloviny druhé sítnice, do corpus geniculatum laterale (Ganong, 2005).

Každý corpus geniculatum laterale je tvořen šesti vrstvami. Do vrstev 1, 4, a 6 přicházejí informace z kontra laterálního oka, do vrstev 2, 3 a 5 ze stejnostranného oka. V každé vrstvě se projikuje podrobná topografická reprezentace sítnice. Dále do corpus geniculatum laterale přicházejí zpětnovazební dráhy ze zrakové kůry a jiných částí mozku. Z 1. a 2. vrstvy vystupuje tzv. magnocelulární dráha a vede signály pro detekci pohybu, hloubky a kmitání. Z 3. – 6. vrstvy vystupuje tzv. parvocelulární dráha, která vede signály pro barevné vidění, strukturu, tvar a jemný detail. Obě dráhy tvoří tractus geniculocalcarinus, který směřuje do kůry týlního laloku. V této části zrakové dráhy dochází k značné divergenci. V tractus geniculocalcarinus je dvakrát více vláken než ve zrakovém nervu, ve zrakové kůře je 1000krát větší počet neuronů účastnících se zpracování zrakových podnětů, než je počet nervových vláken v zrakovém nervu (Ganong, 2005).

Primární zraková kůra, Brodmannova area 17, leží po stranách fissura calcarina v týlním laloku a má 6 vrstev. Je uspořádána ve svislých sloupcích, tzv. směřové sloupce. Ty slouží ke kódování orientace tím, že mezi dvěma sousedícími sloupci je rozdíl asi $5 - 10^\circ$ a pokrývají tak celých 360° . Dále se zde nacházejí tzv. jednoduché a komplexní buňky, které fungují jako detektory vlastností (Ganong, 2005).

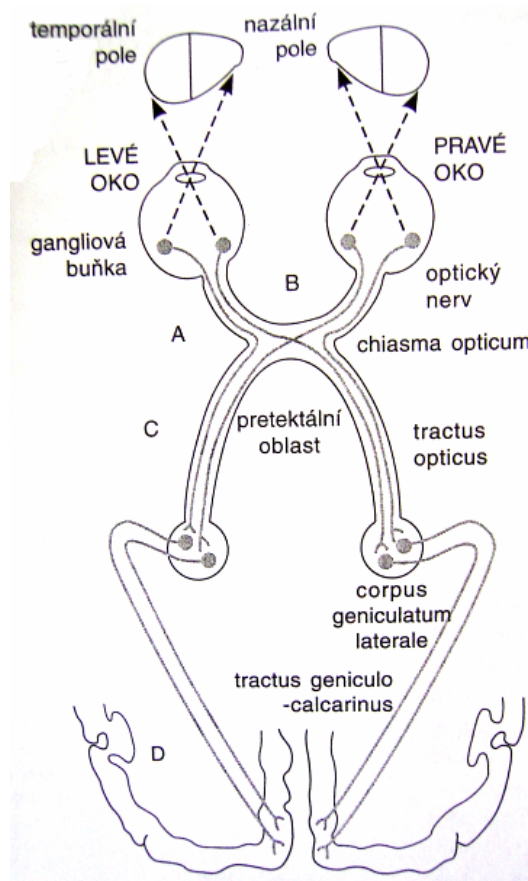
Area 17 je také členěna na tzv. sloupce (kolumny) okulární dominance, střídavě vedle sebe leží sloupce, které jsou aktivovány z pravého či levého oka. Směřové sloupce jsou na tyto útvary kolmé (Trojan, 1999).

Uspořádání ve zrakové kůře je topografické – nad sulcus calcarinus končí vlákna z laterální poloviny corpus geniculatum laterale, pod sulcus calcarinus končí vlákna z mediální poloviny corpus geniculatum laterale (Čihák, 2004).

Další oblasti, které jsou aktivovány zrakovými podněty kromě primární zrakové kůry v týlním laloku jsou: dolní části temporálního laloku, zadní dolní oblasti parietální kůry, některé části čelního laloku a amygdale. Z podkorových oblastí jsou kromě corpus geniculatum laterale

aktivovány colliculi superiores, pulvinar, nucleus caudatus, putamen a claustrum (Ganong, 2005).

Obrázek 5: Zraková dráha (Ganong, 2005)



2.2.4.2 Lateralita očí

Drnková a Syllabová (1991) zkoumali lateralitu očí u 100 dětí na počátku školní docházky. U řídicího oka (dominantní pro binokulární vidění) vykazovalo 38 % dětí levoookost, 7 % obouookost a 55 % pravookost. U zaměřovacího oka (dominantní pro monokulární vidění) byla zjištěna levoookost u 40 %, obouookost u 7 % a pravookost u 53 % dětí. Tyto výsledky ukazují, že lateralita očí není tak čistě vyhraněná, jako je tomu u horních končetin (90 % populace pravorukých).

Při určování laterality považuje mnoho autorů určení okovosti za důležitější, než určení rukovosti. Lateralita horních končetin je snadněji ovlivnitelná okolním prostředím. Zkříženou lateralitu očí a rukou považují za příznak toho, že jedinec používá méně biologicky výhodnou ruku pro psaní. Je tak ztížena spolupráce mezi zrakem a dominantní horní končetinou. Proto

se často při testování lateralit horních končetin určuje také lateralita očí (Bourassa, McManus, & Bryden, 1996).

Jeden z prvních názorů na řízení dominance očí byl ten, že tato lateralita musí vznikat v jednom ze tří míst. V motorickém řízení oka, v receptorním mechanismu oka, nebo v centrálních projekčních oblastech očí v mozku. Dříve se zkoumala spíše druhá možnost – že za lateralitu může lepší kvalita zrakového vjemu jednoho z očí. Ovšem tento předpoklad se ukázal jako mylný (Drnková & Syllabová, 1991).

Později bylo zjištěno, že oční dominance je odlišná u monokulárního a binokulárního vidění. Dominantní oko užívané pro monokulární vidění není plně závislé na mozkové asymetrii, ale je částečně ovlivněno vedoucí horní končetinou. Oproti tomu v asymetrii mozku má základ směrová dominance při binokulárním vidění (Drnková & Syllabová, 1991).

Oproti horním a dolním končetinám je nervové řízení očí složitější. Část vláken z nasální poloviny sítnice končí v kontralaterální hemisféře mozku, druhá část vláken z temporální poloviny sítnice vede do stejnostranné hemisféry. Obraz z jednoho oka se tak projikuje do obou hemisfér (McManus & Tomlinson, 2004).

Pomocí funkční magnetické rezonance bylo dokázáno, že stimulace dominantního oka při monokulárním vidění aktivuje rozsáhlejší oblast v primární zrakové kůře než stimulace nedominantního oka (Rombouts, Barkhof, Sprenger, Valk, & Scheltens, 1996).

McManus a Tomlinson (2004) ve své studii prokázali, že stejný objekt vypadá v každém oku jinak velký. Větší se zdá v levém (většinou nedominantním) oku. U levorukých lidí je tomu obráceně.

2.3 Testování lateralit

2.3.1 Horní končetiny

Pro spolehlivé určení lateralit je zapotřebí většího počtu zkouškových úloh, protože činnost horních končetin je velmi rozmanitá. Měly by být také použity takové zkoušky, které nebyly ovlivněny nacvičováním a které zachycují různé projevy lateralit. To znamená, že se testují takové činnosti, na které je využita hrubá i jemná motorika, přesná koordinace obou rukou, síla

a také účast buď pouze jedné končetiny, nebo obou (jedna je aktivnější, druhá pomáhá). Testovaný – ať už dítě nebo dospělý – by si neměl uvědomovat, že jde o testy lateralit (Drnková & Syllabová, 1991).

Při vyšetřování lateralit horních končetin se může zjišťovat trojí různá činnost (Drnková & Syllabová, 1991):

1. Unimanuální preference – zjišťuje se, která ruka je přednostně užívána při činnosti, která vyžaduje účast pouze jedné ruky.
2. Bimanuální preference – při činnosti jsou potřeba obě ruce, ale jedna je aktivnější a druhá pouze pomocná.
3. Manuální proficeience – při stejné činnosti se aktivita obou rukou porovnává a zjišťuje se rozdíl ve výkonu.

Ukázka zkoušky lateralit pro horní končetiny podle Matějčka a Žlaba, která lze využít při testování lateralit u dětí při nástupu na základní školu (Křišťanová, 1998):

- Korálky do lahvičky

Dítě stojí u stolu tak, aby jeho pravá i levá ruka byly zhruba stejně daleko od předložených předmětů. Na stole leží krabička s korálky a lahvička. Dítě dostane pokyn, aby dalo rychle, ale opatrně korálky do lahvičky, jeden po druhém.

Pomůcky: - krabička (asi 5 × 5 cm)
 - skleněné korálky (průměr 2-3 mm, 10 kusů)
 - skleněná lahvička (otvor hrdla o průměru asi 2 cm)

- Zasouvání kolíčků

Na stole leží prkénko s otvory a před ním 5 kolíčků. Dítě dostane pokyn, aby kolíčky do otvorů rychle zasunulo. Jako dominantní se hodnotí ta ruka, která zasouvá kolíčky do prkénka. Pokud testovaný ruce střídá, je ohodnocen jako ambidextr – v záznamovém listu se zaškrtnou kolonky „A“ (Tabulka 1).

Pomůcky: - dřevěné prkénko s otvory (asi 30 cm dlouhé, 5 otvorů)
 - dřevěné kolíčky (asi 5-7 cm dlouhé o průměru asi 1,5 cm)

- Klíč do zámku

Na stole leží zámek a klíč. Udělí se pokyn, aby dítě zastrčilo klíč do zámku a zamklo. Jako dominantní se hodnotí ta ruka, která klíč do zámku vkládá a otáčí jím.

Pomůcky: - visací zámek
 - klíč k zámku

- Míček do krabičky

Na stole leží prázdná krabice a míček. Dítě stojí asi dva kroky od stolu. Dostane pokyn, aby jemně, opatrně a přesně hodilo míček do krabičky. Pokus opakuje třikrát. Jako dominantní se hodnotí ta ruka, kterou dítě hází.

Pomůcky: - míček (pingpongový nebo gumový)
 - krabice

- Jakou máš sílu

Na stole leží krabička s víčkem. Dítě je požádáno, aby stisklo krabičku co největší silou (krabička musí být pevná). Jako dominantní se hodnotí ta ruka, kterou dítě krabičku stiskne.

Pomůcky: - krabička s víčkem z pevné umělé hmoty (asi v průměru 6 cm)

- Stlač mi ruce k zemi

Dítě stojí proti testujícímu. Ten má spojené ruce natažené před sebou. Dítě vyzve, aby se pokusilo jednou rukou stlačit jeho ruce k zemi.

- Sáhni si na ucho, na nos, atd.

Dítě opět stojí před testujícím. Dítě je požádáno, aby ukázalo, jak se škrábe na uchu, na nose, na bradě, na koleni... Před každým následujícím pokynem testující počká, než dítě ruku spustí. Jestliže dítě provedlo alespoň jeden pokyn druhou rukou než ostatní, nebo použije obou rukou současně, je ohodnoceno ho jako ambidextr.

- Jak nejvýš dosáhneš

Dítě stojí těsně u zdi, je k ní otočené čelem. Je vyzváno, aby ukázalo, jak nejvýš dosáhne. Dominantní je ta paže, kterou se dítě natahuje do výšky. Pokud zvedá obě paže, je ohodnoceno jako ambidextr.

- Tleskání

Dítě je požádáno, aby zatleskalo jednou rukou do druhé. Jako dominantní se hodnotí ta ruka, která je aktivnější (druhá slouží jako podložka). Pokud tleská oběma rukama současně před tělem, je ohodnoceno jako ambidextr.

- Jehla a nit

Na stole leží jehla a nit. Dítě je vyzváno, aby navléklo nit do jehly. Jako dominantní je hodnocena ta ruka, která je aktivní. Dítě se snaží buď navléknout nit do jehly, nebo jehlu na nit.

Pomůcky: - jehla
 - nit

Výsledky úkolů jsou zapisovány do záznamového listu (Tabulka 1). Ve sloupečku P se kolonka zaškrťává, pokud dítě pracuje jen pravou rukou, ve sloupečku L pokud používá jen levou ruku a začne-li jednou a přejde na druhou ruku, zaškrťává se kolonka ve sloupečku A (Křišťanová, 1998).

Tabulka 1. Záznamový list (Křišťanová, 1998)

Horní končetiny	P	L	A	Poznámka:
Korálky do lahvičky				
Zasouvání kolíčků				
Klíč do zámku				
Míček do krabičky				
Jakou máš sílu				
Stlač mi ruce k zemi				
Sáhni si na ucho				
Jak vysoko dosáhneš				
Tleskání				
Jehla a nit				
Suma				

Zhodnocení se provede vypočítáním kvocientu pravorukosti (Křišťanová, 1998):

$$DQ = 100 \cdot (P + A / 2) / N$$

- P = součet všech pouze pravostranných reakcí
- A/2 = polovina úkonů, které byly provedeny oběma rukama
- n = počet úkolů

Podle výsledného kvocientu, který je vyjádřen v procentech, se může dítě zařadit do určité kategorie (Křišťanová, 1998):

P vyhraněné, výrazné praváctví DQ = 100 – 90

P-..... méně vyhraněné praváctví DQ = 89 – 90

A nevyhraněná lateralita (ambidextrie)... DQ = 74 – 50

L-..... méně vyhraněné leváctví DQ = 49 – 25

L vyhraněné leváctví DQ = 24 – 0

2.3.2 Dolní končetiny

Dolní končetiny slouží většinou k chůzi a k běhu, kdy fungují obě stejně. Větší nároky

na dolní končetiny se kladou v některých sportech (například skoky nebo kopaná). Zde je již potřeba určité specializace jednotlivých končetin. Ta se projevuje tím, že jedna je zdatnější v silových výkonech (například odražení se – tzv. odrazová noha) a druhá je obratnější při přesnosti a šikovnosti (například švih – tzv. švihová noha). Dominanci určujeme podle obratnější, tedy švihové nohy (Drnková & Syllabová, 1991).

Ukázka činností, které lze využít pro testování lateralit dolních končetin (Drnková & Syllabová, 1991):

- kopnutí do míče (dominantní je noha, která kope)
- posunování kostky nohou po čáře po zemi
- udupávání dohořívajícího ohničku
- zvednutí nohy co nejvýše v sedě
- vystoupení na stoličku (dominantní je noha, která jde nahoru)
- nasedání na tříkolku nebo naskakování na kolo (dominantní je noha, která jde přes sedačku)

2.3.3 Oko

2.3.3.1 Binokulární vidění

Testovaný natáhne obě ruce před sebe a pomocí palců a ukazováčků utvoří malý kroužek. Skrz něj se podívá na malý objekt nebo značku na protějším konci místnosti (Obrázek 6). Po té zavře levé oko. Pokud je objekt stále v kroužku, pak je dominantní pravé oko, naopak pokud objekt v kroužku již nevidí, je dominantní levé oko. Po té test zopakuje i pro zavřené pravé oko (Greenman, 1996).

Obrázek 6. Test dominantního oka pro binokulární vidění (Greenman, 1996)



Podobný test jde provést s kartičkou, ve které je uprostřed otvor. Testovaný drží kartičku oběma nataženými rukama a dívá se otvorem na 6 metrů vzdálený bod. Po té střídavě zavře každé oko. To oko, které se dívá na bod a je stále v otvoru, je dominantní. Ve druhé části testu testovaný opět drží kartičku oběma nataženými rukama a dívá se oběma očima otvorem na 6 metrů vzdálený bod. Začne kartičku pomalu přibližovat k obličeji tak, aby bod neztratil z průzoru. Dominantní je to oko, před kterým skončí otvor kartičky (Seijas, Liaño, Liaño, Roberts, Piedrahita, & Diaz 2007).

2.3.3.2 Monokulární vidění

Testovaný je požádán, aby se podíval do kaleidoskopu, monokulárního mikroskopu, hledáčku fotoaparátu či kukátka. K tomuto úkonu si vybere své dominantní oko pro monokulární vidění (Seijas et al., 2007).

3 PRŮŘEZOVÁ STUDIE LATERALITY

Průřezová studie lateralit u studentů 3. ročníku fyzioterapie na FTK Univerzity Palackého v Olomouci

Studie se zúčastnilo 20 studentů fyzioterapie. Jednalo se o 18 žen a 2 muže ve věku 21 až 27 let (věkový průměr byl 22,6 let).

Studenti obdrželi dotazník (Příloha 1), který vyplnili podle uvedených pokynů. Studenti neměli možnost si jednotlivé činnosti prakticky vyzkoušet (kromě testu na řídící oko při binokulárním vidění).

Otázky č.1 – 3 jsou zaměřeny na preferovanou horní končetinu při unimanuálních činnostech, otázky č. 4 a č. 5 na preferovanou horní končetinu při bimanuálních činnostech. Otázky č. 6 – 8 jsou zaměřeny na preferovanou dolní končetinu, č. 9 na řídící oko při binokulárním vidění a č. 10 na zaměřovací oko při monokulárním vidění.

Jednotlivé odpovědi z každého okruhu otázek byly sečteny a vyhodnoceny zvlášť (Tabulka 2). U 25 % studentů (4 lidé) byla zjištěna zkřížená lateralita. U tří případů se jednalo o zkříženou lateralitu ruka-oko, u jednoho případu o zkříženou lateralitu ruka-noha. U 15 % studentů nesouhlasila okovost při binokulárním a při monokulárním vidění.

Tabulka 2. Celkové výsledky

	L	A	P
Preferovaná horní končetina při unimanuální činnosti	10 %	0 %	90 %
Preferovaná horní končetina při bimanuální činnosti	15 %	0 %	85%
Preferovaná dolní končetina	0 %	5 %	95 %
Řídící oko při binokulárním vidění	20 %	0 %	80 %
Zaměřovací oko při monokulárním vidění	15 %	10 %	75 %

Vysvětlivky: L.....preferovaná levá končetina/oko

A.....ambidextr

P.....preferovaná pravá končetina/oko

Přestože se studie zúčastnil poměrně malý počet studentů, tak výsledky přibližně odpovídají rozložení laterality v lidské populaci, které uvádí Drnková a Syllabová (1991). Většina lidí preferuje pravou horní a pravou dolní končetinu. Preference u očí není tak čistě vyhraněná jako u horních a dolních končetin, ale častěji se v populaci vyskytuje pravookost. Okovost při monokulárním a binokulárním vidění může být rozdílná.

4 DISKUSE

Terminologie laterality

V odborné literatuře, která se zabývá problematikou laterality, se můžeme setkat s různou terminologií. Měkota (1984) uvádí, že se lateralita projevuje buď laterální preferencí, nebo laterální dominancí. Laterální preference se vyznačuje přednostním užíváním dané končetiny či smyslového orgánu při určité činnosti nebo funkci. Laterální dominance se projevuje převládnutím činnosti či funkce jednoho z párových orgánů, provádí-li se současně rozdílná činnost oběma orgány. Dalším projevem laterální dominance je stranově rozdílná výkonnost při stejné činnosti obou párových orgánů. Toto rozdělení převzal od Měkoty také Vařeka (2001).

Drnková a Syllabová (1991) uvádějí podobné rozdělení, avšak používají jiných termínů. Rozdělují lateralitu na unimanuální preferenci (přednostní užívání jedné končetiny při činnosti, kdy je zapotřebí pouze jedné ruky), bimanuální preferenci (preferovaná končetina je aktivnější a druhá pomocná při činnostech, kdy je zapotřebí účasti obou končetin) a manuální proficienci (rozdíl ve výkonnosti v činnosti, která je pro obě končetiny stejná).

Ani v zahraniční literatuře není užívání termínů jednotné. Někteří autoři používají souhrnný termín „dominance“ pro přednostní užívání jedné ruky při různých činnostech (Dassonville et al., 1997), ale většina používá též termínu „preference“ (Annett, 1998; Bourassa et al., 1996; Volkmann et al., 1998). Theorin a Johansson (2007) rozlišují unimanuální a bimanuální preferenci. Agnew et al. (2004) používá jak termín „hand preference“ (preference ruky), tak termín „hand performance“ (jedna ruka je výkonnější).

Z uvedeného vyplývá, že používaná terminologie v problematice laterality je nejednotná. Jsou sice užívány podobné termíny, ale ne vždy jim autoři dávají stejný obsah. Použité termíny také nebývají jasně definovány, takže čtenář a autor mohou jejich význam chápat rozdílně. Bylo by proto vhodné vytvořit jednotnou terminologii, nebo alespoň v každé odborné literatuře přesně definovat použité termíny.

Neurofyzilogické podklady laterality

Různé výsledky se vyskytují u studií, které se zabývají výzkumem lokalizace specializovaných center pro řízení motoriky horních končetin. Ačkoliv je organizace primární mozkové kůry obecně uváděna jako somatotopická (Ganong, 2005), Volkmann

et al. (1998) ve svém výzkumu prokázal, že reprezentace pohybů ruky a prstů je nesomatotopická.

Je také rozdíl, jestli se měření provádí pro unimanuální či bimanuální činnost. Unimanuální činnost v mozkové hemisféře aktivuje pouze jednu oblast primární motorické kůry (Volkmann et al., 1998). Bimanuální činnost oproti tomu aktivuje v jedné hemisféře dvě oblasti primární motorické kůry (Theorin & Johansson, 2007; Agnew et al., 2004).

Většina odborníků provádí výzkumy rukovosti na pravorukých lidech. Pravděpodobně proto, že reprezentují většinu lidské populace. Více než 90 % lidí preferuje ve většině činností svou pravou ruku. Ale ukazuje se, že neurofyziologické řízení pohybu horních končetin u lidí, kteří pro většinu činností upřednostňují svou levou ruku, je daleko složitější než u pravorukých jedinců. Zatímco centrum řeči v levé hemisféře uloženo 97 % praváků, u leváků je to již jen 70 % (Thompson & Toga, 2003). Shodná lateralita horních a dolních končetin je u pravorukých lidí v 90 %, u levorukých v 70-75 % (Drnková & Syllabová, 1991). Levorukých lidí je sice v populaci menšina, ale řízení motoriky u těchto jedinců by se měl výzkum také věnovat. Už proto, že levorukost není prostá inverze pravorukosti, ale jejich neurofyziologické řízení se pravděpodobně značně liší.

Z problematiky laterality se největší pozornost věnuje právě rukovosti, na nohovost a okovost se zaměřuje méně odborníků. Pravděpodobně proto, že preference horních končetin se v praktickém životě objevuje nejčastěji. Ale například při testování laterality považuje Bourassa et al. (1996) za důležitější určení okovosti než rukovosti, protože lateralita horních končetin je snadněji ovlivnitelná okolním prostředím. Elias a Bryden (1998) ve svém výzkumu zjistili, že preference dolní končetiny přesněji určuje dominanci centra pro řeč v mozkové kůře než preference horní končetiny. Jednotlivé vztahy mezi rukovostí, nohovostí a okovostí ještě stále nejsou zcela jasné, proto by se měl odborný výzkum těmito oblastem stále věnovat.

Průřezová studie laterality

Jak již bylo zmíněno (Kapitola 3), výsledky průřezové studie přibližně odpovídají rozložení laterality v populaci, které uvádí Drnková a Syllabová (1991). Avšak dotazníková metoda se pro zjišťování laterality příliš nehodí. Je založena na otázkách, které obsahují praktické úkoly. Pokud si dotazovaný pouze představí, jak by daný úkol provedl, může se lehce dopustit chyby. Pro přesnější a objektivnější výsledky je vhodnější praktické otestování. Některé možnosti testování laterality jsou v této práci také uvedeny (Kapitola 2.3). Jednotlivé testy musí být ohodnoceny jinou osobou, než která je testována.

5 ZÁVĚR

Mozkové hemisféry jsou funkčně i anatomicky asymetrické. Asymetrie hemisfér často úzce souvisí s dominancí řeči či horní končetiny. Lokalizace jednotlivých specializovaných center v mozkové kůře není u lidské populace jednotná. Ukázalo se, že u lidí, kteří pro většinu činností používají přednostně svou levou ruku, je organizace mozkových hemisfér daleko složitější než u jedinců, kteří upřednostňují svou pravou ruku.

Funkční asymetrie mozkových hemisfér se na periférii projevuje jako lateralita. Abychom mohli lateralitu pochopit, musíme nejprve znát neurofyziologické základy jejího řízení. Avšak neurofyziologie je složitá oblast vědy, u které výzkumy přinášejí stále nové poznatky. Proto je třeba ve zkoumání této oblasti neustále pokračovat.

6 SOUHRN

V této práci jsou uvedeny poznatky o lateralitě horních končetin, dolních končetin a oka, je zaměřena především na její neurofyzilogické řízení.

V první části jsou vymezeny termíny, které se k lateralitě vztahují. Dále je zde zmíněna často diskutovaná otázka její možné dědičnosti.

Jednotlivé mozkové hemisféry jsou anatomicky nesouměrné. Tyto asymetrie často úzce souvisí s dominancí řeči či horní končetiny.

Funkční nesouměrnost mozkových hemisfér je velice složitá záležitost. Studie prokázaly, že většina pravorukých lidí má uspořádání specializovaných oblastí v mozkové kůře velmi podobné. U levorukých jedinců se však nejedná o prostou inverzi jednotlivých funkcí, naopak se ukázalo, že u nich je součinnost specializovaných oblastí i hemisfér mnohem složitější.

Řízení volní hybnosti se účastní téměř všechny struktury nervové soustavy. Na lateralitu končetin má největší vliv primární motorická korová oblast v gyrus praecentralis. Centrum pro dominantní končetinu v kontralaterální hemisféře zaujímá větší plochu než v ipsilaterální hemisféře. Avšak lateralita pohybových funkcí je proces, během kterého není funkční zapojení hemisfér stále stejné, ale je flexibilní.

Nervové řízení očí je oproti hybnosti končetin složitější v tom, že se obraz z jednoho oka projikuje do obou hemisfér. Zrakové podněty z dominantního oka aktivují větší oblast v primární zrakové kůře dominantní hemisféry.

V této práci jsou také zmíněny některé možné způsoby testování laterality horních končetin, dolních končetin a oka.

7 SUMMARY

This paper summarises the information on the laterality of upper limbs, lower limbs and the eye; it is focused on its neurophysiological control in particular.

The first part defines the terms related to laterality. It also mentions the often-discussed question of its possible heritability.

The anatomy of individual cerebral hemispheres is asymmetric. This asymmetry is closely related to the dominance of the speech or the upper limb.

The functional asymmetry of cerebral hemispheres is a very complicated problem. The studies performed have shown that the majority of right-handed people have a very similar organisation of specialised region in the cerebral cortex. In left-handed individuals, however, it appears that not just a simple inversion of individual functions is involved but that the cooperation between specialist regions and hemispheres is much more complicated in them.

Almost all structures of the nervous system participate in the control of voluntary movements. The primary motor cortex in the precentral gyrus has the decisive effect on the limb laterality. The centre for the dominant limb in the contralateral hemisphere takes a larger area than in the ipsilateral hemisphere. However, the laterality of motor functions is a process during which the functional involvement of hemispheres is not constant but flexible.

The nerve control of eye movements, in contrast to the limb movements, is a more complex process due to the fact that the image from one eye is projected into both hemispheres. Visual stimuli from the dominant eye activate a larger area in the primary visual cortex of the dominant hemisphere.

This paper also mentions some possible methods of testing the upper limb, lower limb, and eye laterality.

8 REFERENČNÍ SEZNAM

- Agnew, J. A., Zeffiro, T. A., & Eden, G. F. (2004). Left hemisphere specialization for the control of voluntary movement rate. *Neuroimage*, 22, 289-303.
- Agtmael, T. V., Forrest, S. M., & Williamson, R. (2001). Genes for left-handedness: how to search for the needle in the haystack?. *Laterality*, 6, 149-164.
- Annett, M. (1998). Handedness and cerebral dominance: the right shift theory. *Journal of Neuropsychiatry*, 10, 459-469.
- Bell, J., & Gabbard, C. (2000). Foot preference changes through adulthood. *Laterality*, 5, 63-68.
- Bourassa, D. C., McManus, I. C., & Bryden, M. P. (1996). Handedness and eye-dominance: a meta-analysis of their relationship. *Laterality*, 1, 5-34.
- Čermák, J., Mohr, P., & Španiel, F. (2006). Lateralizace CNS a schizofrenie. *Psychiatrie*, 10, 63-65.
- Čihák, R. (2004). *Anatomie 3*. Praha: Grada Publishing.
- Dassonville, P., Zhu, X.-H., Ugurbil, K., Kim, S.-G., & Ashe, J. (1997). Functional activation in motor cortex reflects the direction and the degree of handedness. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94, 14015-14018.
- Drnková, Z., & Syllabová, R. (1991). *Záhada leváctví a praváctví*. Praha: Avicenum.
- Elias, L. J., & Bryden, M. P. (1998). Footedness is a better predictor of language lateralization than handedness. *Laterality*, 3, 41-51.
- Ganong, W. F. (2005). *Přehled lékařské fyziologie*. Praha: Galén.

- Greenman, P. E. (1996). *Principles of manual medicine*. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Hatta, T., Ito, Y., Matsuyama, Y., & Hasegawa, Y. (2005). Lower-limb asymmetries in early and late middle age. *Laterality*, 10, 267-277.
- Knecht, S., Drager, B., Deppe, M., Bobe, L., Lohmann, H., Floel, A., Ringelstein, E.-B., & Henningsen, H. (2000). Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans. *Brain*, 123, 2512-2518.
- Koukolík, F. (2000). *Lidský mozek*. Praha: Portál.
- Křišťanová, L. (1998). *Diagnostika laterality a metodika psaní levou rukou*. Hradec Králové: Gaudeamus.
- McManus, I. C., & Tomlinson, J. (2004). Objects look different sizes in the right and left eyes. *Laterality*, 9, 245-265.
- Měkota, K. (1984). Syntetická studie o pohybové lateralitě. *Acta Gymnica XIV*, 93-122.
- Nevšímalová, S., Růžička, E., & Tichý, J. (2002). *Neurologie*. Praha: Galén.
- Papousek, I., & Schulter, G. (2006). Individual differences in functional asymmetries of the cortical hemispheres. *Cognition Brain Behavior*, 10, 269-298.
- Rombouts, S. A. R. B., Barkhof, F., Sprenger, M., Valk, J., & Scheltens, P., (1996). The functional basis of ocular dominance: functional MRI (fMRI) findings. *Neuroscience Letters*, 221, 1-4.
- Seijas, O., Liaño, P. G., Liaño, R. G., Roberts, C. J., Piedrahita, E., & Diaz, E. (2007). Ocular dominance diagnosis and its influence in monovision. *American Journal of Ophthalmology*, 144, 209-216.
- Serrien, D. J., Ivry, R. B., & Swinnen, S. P. (2006). Dynamics of hemispheric specialization and integration in the context of motor control. *Nature Reviews Neuroscience*, 7, 160-167.

- Sun, T., & Walsh, Ch. A. (2006). Molecular approaches to brain asymmetry and handedness. *Nature Reviews Neuroscience*, 7, 655-662.
- Theorine, A., & Johansson, R. S., (2007). Zones of bimanual and unimanual preference within human primary sensorimotor cortex during object manipulation. *Neuroimage*, 36, T2-T15.
- Toga, A. W., & Thompson, P. M. (2003). Mapping brain asymmetry. *Nature Reviews Neuroscience*, 4, 37-48.
- Vařeka, I. (2001). Lateralita ve vývojové kinesiologii a funkční patologii pohybového systému. *Rehabilitace a Fyzikální Lékařství*, 2, 92-98.
- Volkman, J., Schnitzler, A., Witte, O. W., & Freund, H.-J., (1998). Handedness and asymmetry of hand representation in human motor cortex. *Journal of Neurophysiology*, 79, 2149-2154.

9 PŘÍLOHY

Příloha 1. Dotazník

Jméno:

Věk:

Zatrhňte prosím odpovědi na jednotlivé otázky.

P...pravá ruka, noha, oko

L...levá ruka noha, oko

A...pokud pro daný úkon použijete obě končetiny (oči), nebo je střídáte

- | | | | |
|--|---|---|---|
| 1. Kterou rukou házíte míček? | P | L | A |
| 2. Kterou rukou odemykáte? | P | L | A |
| 3. Kterou ruku používáte, pokud máte vyvinout co nejvyšší sílu? | P | L | A |
| 4. Když tleskáte, která ruka je aktivnější? | P | L | A |
| 5. Když navlékáte nit do jehly, která ruka dělá pohyb? | P | L | A |
| 6. Kterou nohou kopete do míče? | P | L | A |
| 7. Když vystupujete na jeden schod nebo stupínek, která noha jde první? | P | L | A |
| 8. Kdyby jste měl zvednout nohu co nejvyš, kterou nohu by jste si vybral/la? | P | L | A |
| 9. Natáhněte obě ruce před sebe a pomocí palců a ukazováčků utvořte malý kroužek. Skrz něj se podívejte na malý objekt na protějším konci místnosti. Poté zavřete levé oko. Podívejte se opět oběma očima a zavřete pravé oko. Kterým okem jste se díval/la, když objekt v kroužku zůstal? | P | L | A |
| 10. Kterým okem se díváte do kukátka či hledáčku fotoaparátu? | P | L | A |