proLékaře.cz | 2.7.2025

Stanovení mozečkové dominance podle asymetrie svalového tonu končetin

Determination of Cerebellar Dominance from Muscle Tone of the Limbs

J. Tichý[1], J. Běláček[2], M. Nykl[1], N. Kaspříková[2]

1. LF UK a VFN v Praze:
[1] Neurologická klinika
[2] Ústav biofyziky a informatiky

✉
prof. MUDr. Jiří Tichý, CSc.
Neurologická klinika
1. LF UK a VFN
Kateřinská 30
120 00 Praha 2
e-mail: jiri.tichy@lf1.cuni.cz

Přijato k recenzi: 6. 6. 2011
Přijato do tisku: 13. 12. 2011

Souhrn

Cíl: Je fyziologicky větší pasivita na levostranných horních končetinách (HK) a na končetinách dolních (DK) srovnatelně přítomna na pravostranných končetinách u leváků? Můžeme stanovením fyziologického svalového tonu na končetinách definovat mozečkovou dominanci? *Metody:* Vyšetřovali jsme svalový tonus u zdravých osob (n = 69) ve věku 18–57 let hodnocených podle Edinburghského dotazníku jako Praváci (n = 26) a Leváci (n = 35). Rušivé ambidextry (n = 8) jsme vyřadili. Svalový tonus jsme zjišťovali: a) konvenčním klinickým vyšetřením pasivity v rameni, lokti, zápěstí, koleni a v nártu; b) desetkrát opakovaným a registrovaným počtem kyvů na HK po pádu z předpažení, na DK pak počty kyvů po pádu bérců z extenze u sedících, předloktí po pádu z extenze v lokti vleže na břiše a po vyvolání patelárních a tricipitových reflexů. Data byla zpracována standardní metodikou chí-kvadrát testu nezávislosti ve čtyřpolních tabulkách, grafická schémata jsou založena na statistické významnosti procenta prediktivních hodnot. Počty kyvů byly vyhodnoceny metodikou dvoufaktorová ANOVA. *Výsledky:* Ve skupině pravaček (n = 13) a praváků (n = 13) byl svalový tonus nižší na levé HK u 90 % vyšetřených, na levé DK u 65%. U levaček (n = 21) a u leváků (n = 14) byl na rozdíl od pravorukých vyšší svalový tonus na HK i na DK jen u 50 % vyšetřovaných! Rozdíl ve svalovém tonu, více vyjádřený na HK, nebyl u leváků tak zjevný jako u praváků. Stranově rozdílné kyvadlové odpovědi byly signifikantní při pádech předloktí (p = 0,026) a u patelárních reflexů (p = 0,030). *Závěry:* Praváci představují homogennější skupinu. U leváků asymetrie ve svalovém tonu na končetinách neodpovídá jednoduché koncepci mozečkové dominance, protilehlé hemisferální dominanci velkého mozku.

Abstract

Objective: Is the more pronounced physiological passivity of the left upper and lower extremities (UE, LE) in right-handed individuals equally present in the right limbs of left-handed subjects? May we define cerebellar dominance from this information? *Methods:* Muscle tone of the limbs was investigated in healthy 18–57 years old individuals (n = 69) considered right-handed (n = 26) or left-handed (n = 35) as assessed by the Edinburgh Inventory. Impaired ambidextrous (n = 8) were excluded. Muscle tone was ascertained: a) by conventional clinical examination of passivity in the shoulder, elbow, wrist, knee and instep; b) by 10 times repeated and registered number of UE swings fallowing a fall from forward arm raise, the number of shank swings following a fall from extension in sitting individuals, forearms falling from extension in prone position and after patellar and tricipital reflexes. The data were analysed using the chi-squared test of independence in 2 × 2 contingency tables; graphical presentations are based on statistical significance of percent predictive values. Number of swings was evaluated using the 2-way ANOVA model. *Results:* Right-handed females (n = 13) and right-handed males (n = 13) had a reduced muscle tone in 90% of left UEs and 65% of left LEs. Unlike right-handed, only 50% of left-handed females (n = 21) and left-handed males (n = 14) had an increased muscle tone on both extremities. The lateral difference in muscle tone, more manifested on UE, was not as evident in left-handers as in right-handers. The different pendular responses were significant in falling of forearms (p = 0.026) and in patellar reflex (p = 0.030). *Conclusions:* Right-handers represent a more homogeneous group. The asymmetry of muscle tone in left-handed does not correspond to the simple traditional concept of cerebellar dominance contralateral to the dominant hemisphere of the brain.

Klíčová slova

svalový tonus – cerebelární dominance – praváci – leváci – ambidextři

Key words

muscle tone – cerebellar dominance – dextrals – left-handed – ambidextrous

proLékaře.cz | 2.7.2025

Úvod

Na aktuálním stavu svalového tonu se účastní řada neuronálních okruhů propojujících nejméně těchto šest struktur: spinální míchu, mozeček, vestibulární jádra, retikulární formaci, extrapyramidový systém a kortex hemisfér [1].

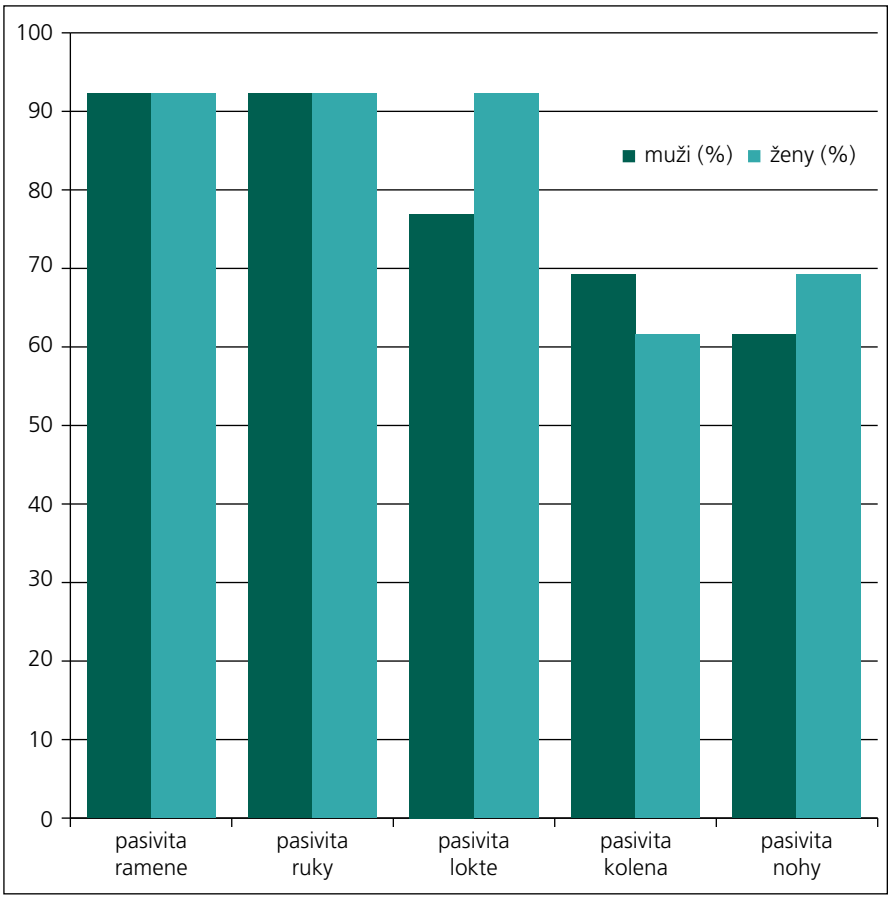
Klíčovou roli představuje systém gama kličky, někdy nazývaný malý motorický systém. Zpětnovazební regulace svalového tonu, mající statickou a kinetickou složku, je dynamická funkce, jíž se účastní i struktury mozečku, u člověka včetně neocerebela. V našem dosavadním klinickém výzkumu o dominanci mozečku jsme vycházeli z tradičních výzkumů K. Hennera a jeho žáků [2–6]. Podle nich lze u praváků nalézt nižší svalový tonus na levostranných končetinách, tj. na levé ruce a na levé noze, jak odpovídá anatomickým okruhům kortiko-ponto-cerebelárních drah a zpětnovazebnímu dentato-thalamo-kortikálnímu propojení.

Zánikový neocerebelární syndrom za patologických stavů je dobře znám [7]. Zvýšená pasivita (hypotonie) na končetinách je jednou z jeho součástí. Regulace svalového tonu je velmi složitá (viz učebnice neurologie a neurofyziologie). Je otázka, zda asymetrie svalového tonu na končetinách u zdravých osob nám může určit cerebelární dominanci.

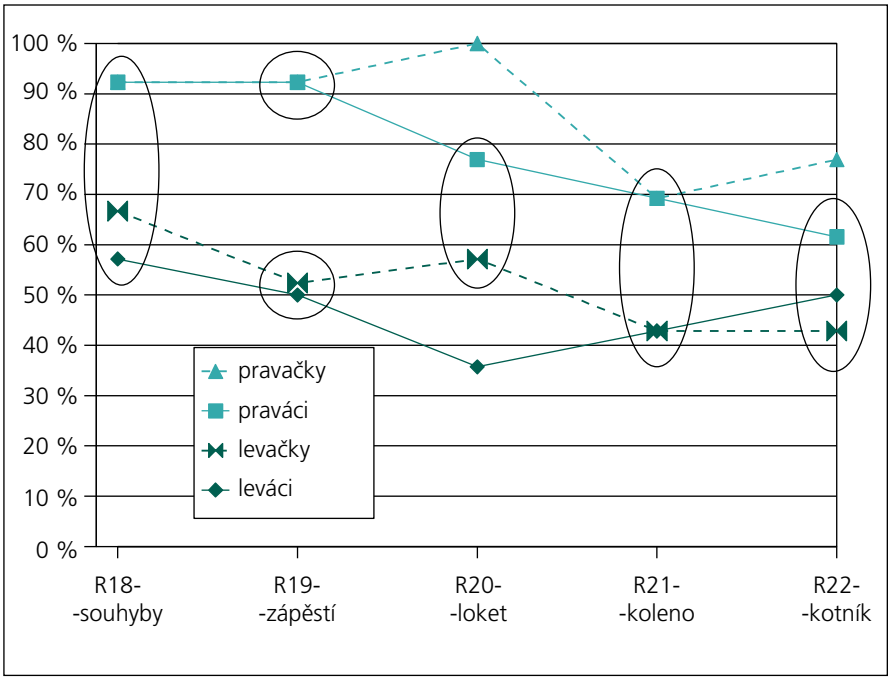
U řeči bylo prokázáno, že dominantní neocerebelum je díky kortiko-ponto-cerebelárním spojům na druhé, zkřížené straně mozečku, než jsou řečová centra velkého mozku [8–17].

Shoda zkřížené cerebro-cerebelární řečové dominance u praváků s řečovými centry v levé hemisféře a u leváků, jež mají řečová centra v pravé hemisféře, byla prokázána [12].

Aktuálním otázkám afaziologie, laterality a funkční magnetické rezonance (fMR) bylo věnováno nepřehledné množství prací, [17–42]. Umístění řečových center v levé hemisféře a „pravorukost" nejsou zcela ve statistické shodě [18–20,23,26,27]. Většina leváků (asi tři čtvrtiny) má řečová centra v levé hemisféře jako praváci [20,36], kolem 10 % „levorukých" má obě řečová centra a centra symbolických funkcí v pravé hemisféře, stejný počet leváků má řečová centra v obou hemisférách. Nové metodologie včetně pozitronové emisní tomografie (PET), fMR, „kognitivních evokovaných potenciálů" (Event-Related Potentials, ERP) a přímých



Graf 1a. Procenta větší pasivity na levých HK a DK u Pravaček (n = 13) a Praváků (n = 13).



Graf 1b. Procenta větší pasivity na levých končetinách v pěti lokalitách podle pohlaví (n ≤ 35 Leváků – s vyloučením probandů s nerozlišitelnou pasivitou na HK nebo DK u každé z pěti lokalit); elipsy propojují statisticky významně nerozlišitelná procenta na hladině spolehlivosti 95 %.

proLékaře.cz | 2.7.2025

záznamů kortiko-subkortikálních elektrických potenciálů během neurochirurgických operací ukázaly, že klasické dělení a lokalizace řečových center je daleko složitější a variabilnější, zejména u ne-praváků [22,24,26–28]. Uložení center řeči v pravé hemisféře u praváků bylo zjištěno u 2–10 % jako tzv. zkřížená řečová dominance [33]. Pojmu „crossed dominance“, což je neodpovídání protilehlého uložení řečových center a motorické preference končetin, se v poslední době věnovala řada autorů [19,21,30,33,34,36]. Obrovský pokrok v poznávání neuronálních propojení mozku a mozečku přinesly moderní zobrazovací metody [15,16,23,25,26,36,39–44].

Mozeček je zapojen do motorických okruhů mozku a míchy. Z míchy kromě zadních provazců přivádějí proprioceptivní informace obě spinocerebelární dráhy cestami, které se liší pro horní končetiny (HK) a pro končetiny dolní (DK). Terminální informace pro Purkyňovy buňky paravermisu cerebela jsou z HK i DK homolaterální [45,46].

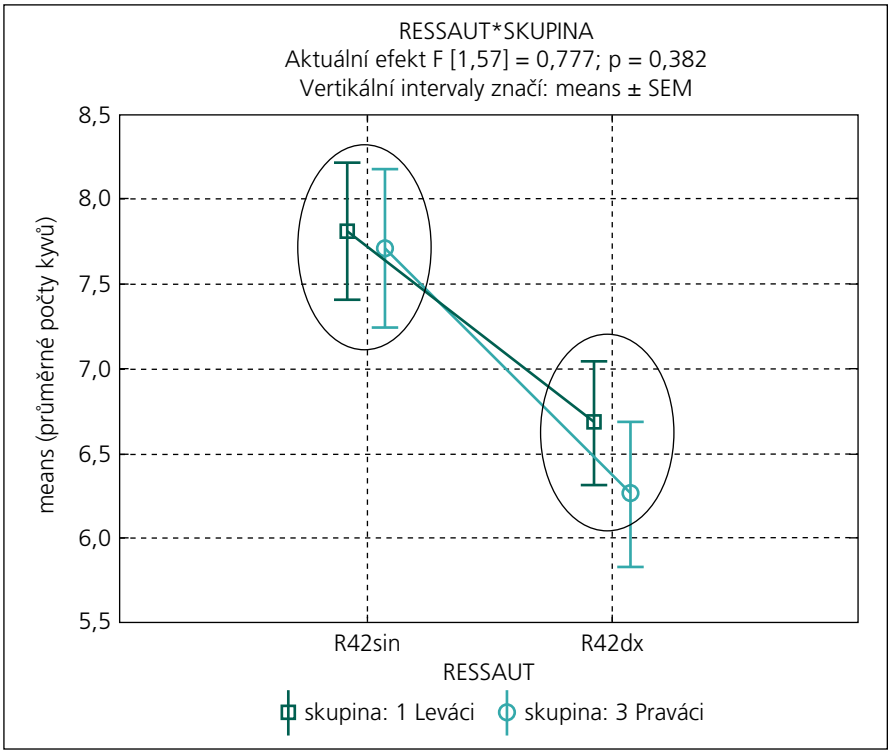
Spojení z dolních končetin dorzální spinocerebelární drahou (hrudní a lumbální segmenty) vychází z druhého neuronu: interneuronů v Rexedových laminách míchy (C7–L3) pro trupové svalstvo a svaly na kořeni DK. Jejich axony jako homolaterálně uložená vlákna končí nezkříženě ve vermis a paravermální oblasti mozečku [45,46]. Tractus spinocerebellaris ventralis má první neuron ve spinálních gangliích a druhý neuron ve shodných Rexedových zónách, ale pro segmenty L1–S. Velká část jejich axonů se ještě ve stejné výši míchy kříží a přikládá k fasciculus cuneatus zadních provazců. Od dráhy zadních provazců se v kmeni oddělí, kříží v horním pontu a cestou brachia conjunctiva (pedunculi cerebelli craniales) končí v homolaterální části spinocerebela. Zatímco tractus spinocerebellaris dorsalis zprostředkuje kinetickou i statickou propriocepci, ventrální spinocerebelární dráha reaguje na podněty uložené v motorické paměti jedince, přicházející „shora“ vnitřně utvořenou rytmickou informací, tj. z kortexu a z podkorových center zúčastněných na plánování a provedení hybnosti. Aktivita zpětnovazební kontroly pohybů, prokazatelná elektrofyziologicky, neustává i po přerušení zadních kořenů korespondujících segmentů [46].

Tab. 1. Průměrné počtu kyvů pro Praváky a Leváky zjištěné na levých (sin) a pravých (dx) končetinách při jednotlivých klinických zkouškách.

	Leváci_sin	Praváci_sin	Leváci_dx	Praváci_dx
modifikovaný „ressaut“	7,8	7,7	6,7	6,3
pád předloktí	7,4	7,4	7,7	6,6
tricipitový reflex	4,1	4,0	3,8	3,5
pád bérců	8,2	8,7	8,6	8,1
patelární reflex	5,9	6,4	6,0	5,9

Jak jsme uvedli, spinocerebelární dráhy končí homolaterálně v příslušné polovině vermis a v paravermálních oblastech kůry spinálního mozečku. Zpětnovazební regulace z paravermálních Purkyňových buněk probíhá do druhostranného nucl. ruber a odtud pokračuje zkříženou rubrospinální drahou ke kořenovému svalstvu končetin (zejména extenzorů DK). Nucleus interpositus spinocerebela hraje klíčovou roli v časování pohybů. Jeho porucha disfacilitací (inhibicí) rubrospinálních a kortikospinálních drah vede k cerebelární hypotonii a k vzniku pendulárních reflexů [46,54], nejspíše chyběním útlumu antagonistů.

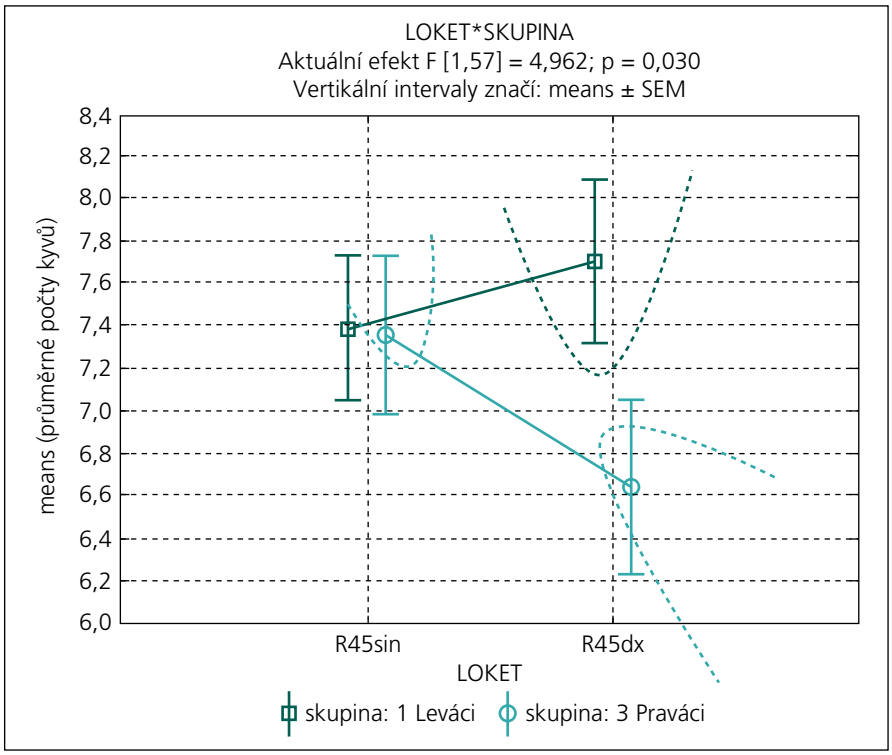
Spino-cerebelární propriocepce z horních končetin ze segmentů C1–Th5 probíhá separátní drahou (tractus spinocuneo-cerebellaris) homolaterálně v laterálních zadních provazcích do jádra nucl. cuneatus lateralis a odtud axony tohoto třetího neuronu probíhají homolaterálně v corpus restiforme do spinálního cerebela jako mechová vlákna pro Purkyňovy buňky. Spino-cuneo-cerebelární



Graf 2a. Porovnání průměrného počtu kyvů (z 10 opakování pokusu) při současném samovolném pádu paží z předpažení ve stoji (modifikovaný „ressaut“) podle lokality (sin-dx) a laterální skupiny (Praváci-Leváci).

Elipsy propojují statisticky významně nerozlišitelné průměry (pro Praváky nebo Leváky v týchž lokalitách). Nálezy poukazují na statisticky významně nižší svalový tonus na levých HK, efekt křížové dominance HK (testovaný interakčním efektem ‘sin-dx‘ a laterální skupiny) nebyl shledán jako signifikantní (F[1,57] = 0,777; p = 0,382).

proLékaře.cz | 2.7.2025



Graf 2b. Porovnání průměrného počtu kyvů (z 10 opakování pokusu) při současném pádu předloktí z extenze vleže podle lokality (sin-dx) a laterální skupiny (Praváci-Leváci).

Hyperboly poukazují na statisticky významně rozlišitelné průměry u Praváků (na rozdíl od Leváků) na hl. spolehlivosti 95 %. Efekt křížové dominance HK (testovaný interakčním efektem 'sin-dx' a laterální skupiny) je statisticky významný na hladině spolehlivosti 95% (F[1,54] = 5,207; p = 0,026).

dráha zprostředkuje zejména kinetickou část hluboké citlivosti, čímž se liší od předchozích tractus spinocerebellares [45,46].

Neocerebelum (cerebro-cerebelum) kromě zpětnovazební kontroly hybnosti zabezpečuje plánování motorického jednání na podkladě aktuální percepce a na kognitivních funkcích, uložených v paměti. Mozeček má i další neurokognitivní funkce, např. rozlišení délky trvání tónu či rychlosti pohybujících se předmětů a časování [47]. Mozeček představuje v mozku neuronální počítač [52,53].

V této práci jsme se nezabývali ani časováním, ani kognitivními funkcemi mozečku včetně funkcí řeči.

Soubor a metodika

Vyšetřili jsme 69 „zdravých" dospělých osob (muži/ženy = 33/36) ve věku 18–57 let, u kterých stupeň pravo-levorukosti byl stanoven podle Edinburghského dotazníku [48]. Svalový tonus na horních končetinách (HK) jsme klinicky hodnotili aspexí, pohmatem a pozorováním rozsahu pohybu v kloubech ramenních, v zápěstí a v lokti. Podobný postup jsme užili při vyšetřování pasivity na DK. Podrobnější postup při sledování svalového tonu bylo zaznamenání počtu kyvů paže při modifikované zkoušce „ressaut", kdy stojící osoba uvolní rychle HK z předpažení. V poloze vleže na břiše jsme hodnotili počty kyvů po současném uvolnění HK z exteze v loketních kloubech a po vyvolání tricipitových reflexů. Dále jsme hodnotili počty kyvů u pádu bérců po současném rychlém uvolnění DK z extenze vsedě a po patelárním reflexu. Všechna jednotlivá pozorování jsme prováděli desetkrát.

Jiný postup jsme volili pro výzkumu pasivity končetin pozorováním a zaznamenáním počtu kyvů paže při modifikované zkoušce „ressaut", kdy stojící osoba uvolní rychle HK z předpažení. V poloze vleže na břiše jsme hodnotili počty kyvů po současném uvolnění HK z exteze v loketních kloubech a po vyvolání tricipitových reflexů. Dále jsme hodnotili počty kyvů u pádu bérců po současném rychlém uvolnění DK z extenze vsedě a po patelárním reflexu vsedě. Všechna jednotlivá pozorování jsme opakovali desetkrát.

Klasifikace probandů do laterálních skupin byla v tomto případě provedena na základě „měr pravé laterality (MPL)" definovaných (viz také v [6]) individuálním skórem '0' (při „odpovědi" vlevo), '1' (při "odpovědi" vpravo) nebo '0,5' (nerozlišitelná preference obou končetin) pro každou z 10 standardních otázek E-dotazníku. Za „Leváky" byli označeni probandi, pro které byl součet všech deseti MPL shledán v rozmezí hodnot '0–2,5' a za „Praváky" ti, pro které vyšel součet MPL na všech deseti otázkách v rozmezí '7,5–10'. (Kriteriální hodnoty '2,5' a '7,5' byly vytipovány a prověřeny jako optimální z hlediska nejvyšší senzitivity pro všechny statistické testy, které jsme shledali jako relevantní pro všechny typy měřených indikátorů. Výše popsaným způsobem byli probandi přerozděleni do skupin: 21 Levaček a 14 Leváků (n = 35); 13 Pravaček a 13 Praváků (n = 26), resp. 8 „Ambidextrů" (2 muži a 6 žen). Nejednoznačně se projevující skupina Ambidextrů byla posléze „jako rušivá" vyloučena z analýz. Naše výsledky dobře korespondují s výsledky Oldfielda [48].

Vyšetření pasivity u probandů hodnocených podle deseti položek E-dotazníku bylozpracováno standardní metodikou χ^2-testu nezávislosti ve čtyřpolních tabulkách. Následně byla odhadnuta „procenta prediktivních hodnot" (marginální pravděpodobnosti souhlasné klasifikace vpravo, resp. vlevo) a na základě standardních výstupních sestav analýzy ROC [51] byla vyčíslena jejich statistická významnost vůči referenční hodnotě 50 %. Statisticky nejvýznamnější vazby mezi klinickým ohodnocením větší pasivity v pěti kloubních lokalitách, odpověďmi na deset otázek E-dotazníku a laterálními skupinami byly promítnuty do grafického schématu, které jsme porovnali s metodicky stejně zpracovaným schématem pro soubor školáků popsaný a vyšetřený v [5–6].

Počty kyvů (převzatých jako průměry z 10 opakovaných měření při samovolných pádech končetin) byly vyhodnoceny metodikou dvoufaktorové ANOVA s jedním faktorem fixním (Praváci-Leváci) a jedním vnitřním faktorem (pro „opakovaná měření" na levé a na pravé straně HK nebo DK). Křížově dominantní pasivita, tj. nižší svalový tonus u Praváků vlevo

proLékaře.cz | 2.7.2025

a u Leváků vpravo, se měla projevit na úrovni tzv. interakčních efektů, které posuzují statisticky významné rozdíly v počtech kyvů (u Praváků vs Leváků) měřených ‘vlevo’ a ‘vpravo’ na HK nebo DK. Statisticky nejvýznamnější výsledky jsou prezentovány v grafech vytvořených v SW Statistica (verze 9). Analogický ANOVA model (pro Praváky vs Nepraváky) byl použit rovněž při prezentacích [49,50].

Výsledky

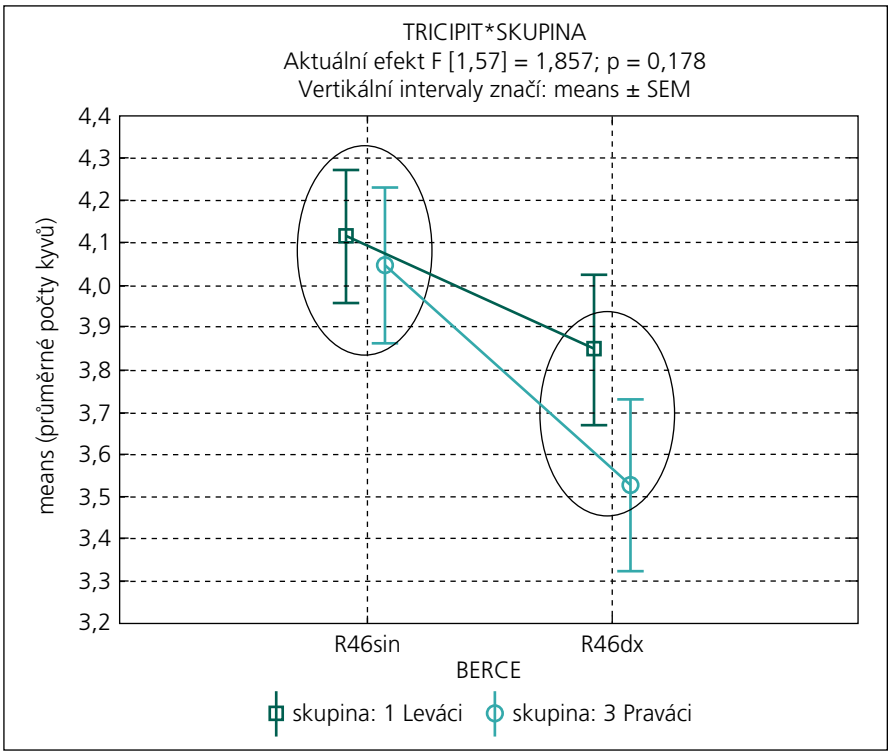
U 13 Pravaček (průměrný věk = 29,5) a 13 Praváků (průměrný věk = 30,9) byla klinicky zjištěna větší pasivita (hypotonie) na levé horní končetině shodně u obou pohlaví (graf 1a). Na levostranných DK se větší pasivita (hypotonie) u pravorukých žen i mužů vyskytovaly u 65 % (graf 1b). Bez ohledu na pohlaví se podíly větší pasivity u praváků vůči levákům lišily se spolehlivostí 95 % u zápěstí, nelišily na dolních končetinách (koleno a kotník). Ženy měly signifikantně vyšší pasivitu na lokti a u kotníku. Statistická významnost diferencí mezi skupinami je v těchto případech ovšem značně závislá na počtech probandů, z nichž jsou procenta zobrazená na grafu 1b vypočtena.

Průměrné počty kyvů zjištěné v laterálních skupinách (Praváci-Leváci) při jednotlivých zkouškách na levých (sin) a pravých (dx) HK a DK jsou uvedeny v tab. 1.

Nejvyšší počty kyvů (více než 8,0) jsme zaznamenali u volného pádu bérců, dále u pádu předloktí (s výjimkou nálezů dx u Praváků ≥ 7,4) a při volném pádu HK z předpažení u nálezů sin. Počty kyvů po reakci na poklep neurologickým kladívkem byly nejnižší (nejméně transparentní) u tricipitového reflexu (na úrovni uváděných průměrů ≤ 4,1), u patelárního reflexu v průměru kolem šesti kyvů.

Grafické vyjádření včetně posouzení statistické významnosti rozdílů námi uváděných hodnot v rámci jednotlivých zkoušek je prezentováno na grafech 2a–e. Při souběžném pádu HK z předpažení (modifikovaný „ressaut“) se nálezy ‘sin’ a ‘dx’ v průměrných počtech kyvů liší vysoce statisticky významně ($F[1;57] = 51,995$; $p < 0,001$), nikoli však ve skupinách Praváků vůči Levákům (graf 2a). Stručně řečeno: větší pasivita v levém rameni se u Leváků neliší od Praváků!

Při souběžném pádu předloktí vleže se ale křížově dominantní končetiny průměrným počtem kyvů liší ($F[1,54] = 5,207$; $p = 0,026$ – graf 2b). Právě tak se liší i nálezy sin vůči dx u Praváků (pro odpovídající post-hoc test; $p = 0,035$), u Leváků však již nikoli statisticky významně ($p = 0,309$). Po reakci na provedení tricipitového reflexu vleže se nám však (podobně jako u modifikovaného „ressaut“) křížovou dominanci Praváků vůči Levákům na HK nepodařilo verifikovat (graf 2c). Rovněž v tomto případě se ale zjištěné průměry počtu kyvů lišily statisticky významně pro sin vůči dx ($F[1,57] = 18,095$; $p < 0,001$), a to i odděleně ve skupině Praváků (pro post-hoc test; $p < 0,001$) i ve skupině Leváků ($p = 0,030$).



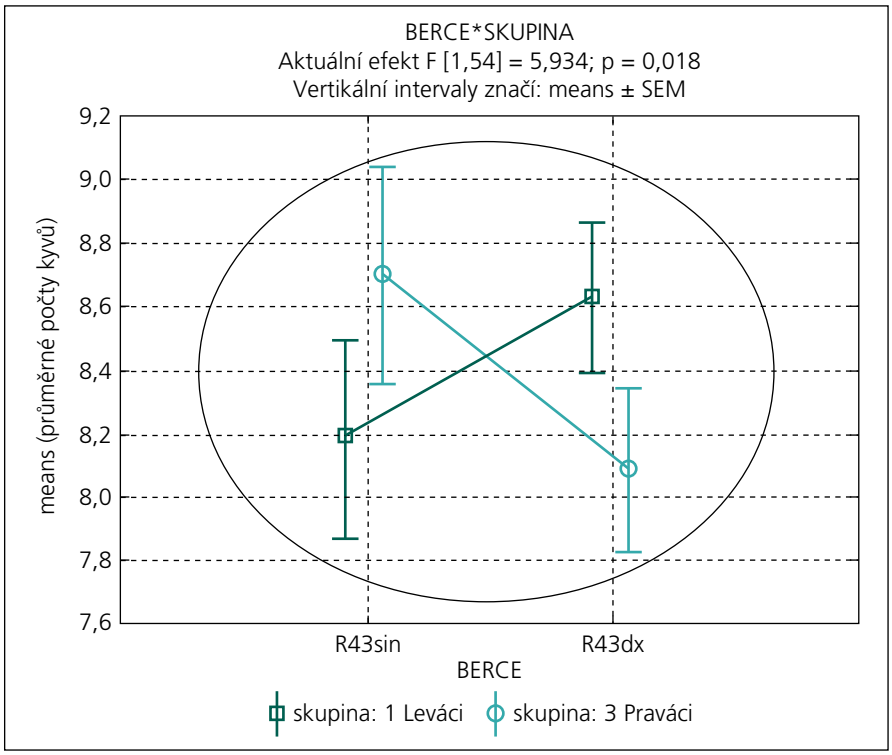
Graf 2c. Porovnání průměrného počtu kyvů (z 10 opakování pokusu) po reakci tricipitového reflexu podle lokality (sin-dx) a laterální skupiny (Praváci-Leváci).
Elipsy propojují statisticky významně nerozlišitelné průměry (pro Praváky nebo Leváky v týchž lokalitách). Nálezy poukazují na statisticky významně nižší svalový tonus na LHK, efekt křížové dominance HK (testovaný interakčním efektem ‘sin-dx’ a laterální skupiny) je nesignifikantní ($F[1,57] = 1,857$; $p = 0,178$).

Průměrné počty kyvů u současného pádu bérců z extenze vsedě křížovou dominanci laterality vůči svalovému tonu potvrzují ($F[1,54] = 5,934$; $p = 0,018$), a to v principu symetricky u obou DK (graf 2d). DK měřené počtem kyvů po reakci na provedený patelární reflex byly rovněž shledány jako křížově dominantní ($F[1,55] = 4,962$; $p = 0,030$), právě tak jako rozdíly sin vůči dx ve skupině Praváků (pro post-hoc test; $p = 0,018$) (graf 2e). Na úrovni DK jsou tedy naše výsledky konzistentnější s předpokladem křížové dominance rukosti vůči registraci nižšího svalového tonu na protilehlých končetinách. Dost možná je to způsobeno i tím, že u těchto klinických zkoušek je evidence počtu kyvů nejzjevnější.

Diskuze

Problém laterality zajímá laickou i odbornou veřejnost velmi dlouho. Za klinicky nejzávažnější problematiku lze považovat umístění řečových center v tzv. dominantní mozkové hemisféře. Proto jsme se v úvodu podrobněji zmínili o lokalizaci řeči v mozku a v mozečku. Díky moderním zobrazovacím metodám a velkému počtu prací na zdravých jedincích víme, že kolem 90–95 % jedinců ve všech populacích „hovoří“ levou hemisférou. Díky anatomům jsou dobře dokumentována zkřížená spojení kortiko-ponto-cerebelární. Mozečková funkční asymetrie cerebro-cerebelárními okruhy je velice složitá [15,16]. Pro relativně malé počty probandů a zkušenost, že Leváci, resp.

proLékaře.cz | 2.7.2025



Graf 2d. Porovnání průměrného počtu kyvů (z 10 opakování pokusu) při současném pádu bérců z extenze vsedě podle lokality (sin-dx) a laterální skupiny (Praváci-Leváci).

Elipsa indikuje statisticky významně nerozlišitelné průměry. Efekt křížové dominance DK (testovaný interakčním efektem 'sin-dx' a laterální skupiny) je statisticky významný na hladině spolehlivosti 95% (F[1,54] = 5,934; p = 0,018).

Ambidextři tvoří méně homogenní skupinu, lze při výzkumu laterality výsledky posuzovat též v uspořádání sestavy rozdělené na Praváky a Nepraváky. V rámci této studie použitá klasifikace do laterálních skupin vymezuje Leváky na bázi jednotného (více symetrického) metodického konceptu. To umožňuje objektivnější diskriminaci Pravákům vůči Levákům a zvyšuje sílu statistických testů pro většinu námi použitých laterálních ukazatelů (i z důvodu snížení počtu probandů spadajících do zbytkové skupiny Ambidextrů).

Při sledování dospělých zdravých osob jsme u více než u poloviny levorukých probandů (žen i mužů) nalezli, obdobně jako u 9–11letých dětí, nižší svalový tonus a větší pasivitu na levostranných končetinách, tedy stejně jako u praváků [5,6]. U hodnocených dětí stoupalo procento preference levé dolní končetiny od prostého přeskoku do dálky z 50 % přes poskoky po jedné, kopání do míče až po napsání písmena či číslice patou v 98 % shodně s preferencí ruky. Rukost a umístění řečových center v mozku jsme v této práci neřešili [Peterová V, Tichý J, Běláček J, Nykl M et al. Řečová hemisferální centra a mozečková dominance (in preparation)].

Pro účely systematického srovnání obou souborů (školáků vs klinicky vyšetřených dospělých) jsme provedli strukturální analýzu založenou na systematické statistické analýze prediktivních hodnot mezi indikátory pasivity v pěti lokalitách a deseti otázkami E-dotazníku (schémata 1, 2). Procenta prediktivních hodnot (vyjádřená na schématech v různých barevných odstínech podle statistické významnosti před koncovými šipkami) reprezentují pravděpodobnosti, s jakou vyšetření v lokalitě, resp. odpovědi z E-dotazníku predikují hodnotu indikátoru, do něhož směřuje šipka (záporné hodnoty poukazují na inverzní vztah pasivity k dominanci, tj. když vyšetření/odpověď 'sin' u jedné proměnné implikuje vyšetření/odpověď 'dx' u druhé proměnné a naopak); statisticky nevýznamné prediktivní hodnoty (vůči referenční hladině 50 %) se ve schématech nezobrazují.

Schémata poukazují zejména na kvalitativně významnější vztahy pasivity ramene k lokti a ke koleni u dospělých; u dětí souhyby HK při chůzi nebyly ve statistické shodě s dalšími lokalitami. Větší signifikace procenta prediktivních hodnot pro soubor školáků souvisí zjevně s více než pětinásobně větším rozsahem tohoto souboru oproti souboru dospělých. Parciálně se do odlišnosti výsledků pro oba soubory promítá i fakt, že soubor školáků byl pořízen jako reprezentativní pro 9–11leté děti pražských škol (akcentující dominantní podíl Praváků ve vzorku v poměru přibližně 9 : 1 vůči Levákům), zatímco soubor dospělých byl vytvořen selektivně s cílem postavit proti sobě dvě početně srovnatelné skupiny (ve snaze párovat Praváky vůči Levákům v poměru 1 : 1).

Hennerova škola vycházela z klinických pozorování, že praváci mají jako dominantní pravou polovinu mozečku. Fyziologickým projevem mozečkové dominance by měl být nižší svalový tonus a větší pasivita a kloubní hra na „nedominantních končetinách". U zdravých 9–11letých školáků jsme to mohli potvrdit jen částečně. Zkřížená dominance cerebro-cerebelární platí pro Pravačky a pro Praváky dětského i dospělého věku pro horní končetinu, méně pro končetinu dolní.

Jsou pasivita a hypotonie končetin spolehlivým příznakem cerebelární dominance? Neplatí tento vztah více pro horní končetiny (HK), které jsou více spojeny s volní aktivitou, než končetiny dolní (DK), sloužící k lokomoci, převážně mimovolní? (Horní končetiny jsou těsněji svázány s cerebrálními centry symbolických funkcí – psaní, kreslení.)

U stoprocentních leváků (podle šesti navzájem nerozlišitelných otázek E-dotazníku) jsme nalezli překvapivě vysoké procento relativní hypotonie a větší pasivity podle klinického hodnocení na levostranných končetinách, tj. jako u praváků. Procentuální zastoupení pasivity u leváků bylo u nich téměř shodné na HK i na DK. Ambidextři se podle stanovení pasivity více podobali Levákům než Pravákům, pro rušivý efekt vyhodnocení dvoufaktorovou ANOVA jsme osm Ambidextrů ze souboru dospělých vyřadili.

Stupeň rukosti podle Edinburgského dotazníku a řečovou cerebrální lokalizaci sledovali Isaacs et al [29,35]. Atypická lateralita se vyskytovala u Ambidextrů

proLékaře.cz | 2.7.2025

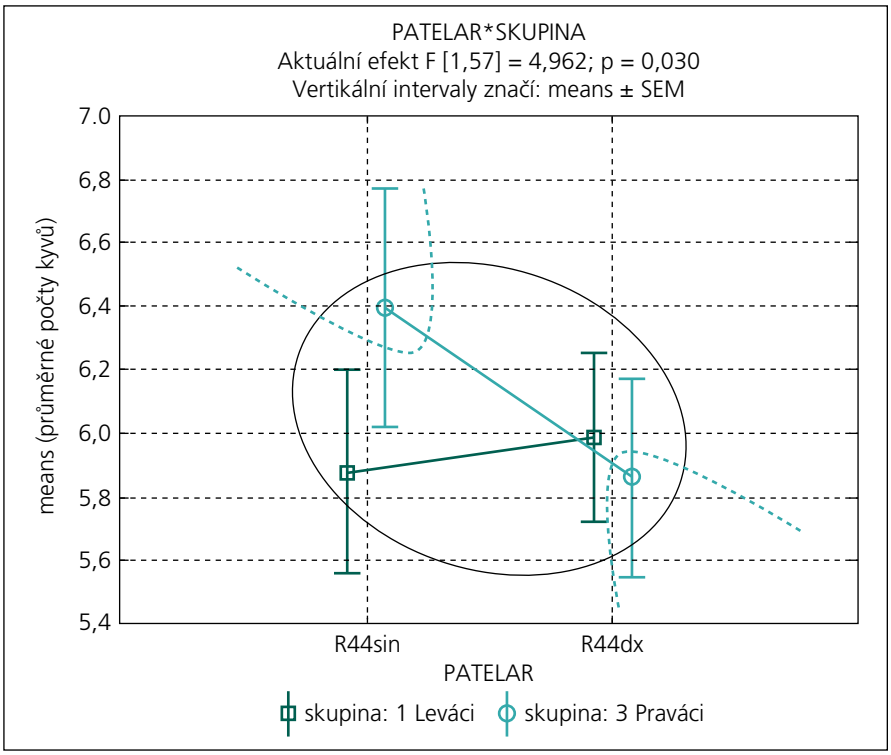
a u Leváků daleko častěji než u Praváků. Podobný vztah jsme nalezli i my při sledování mozečkové dominance podle tradičního vyšetřování asymetrie svalového tonu končetin.

Míra laterality podle preference jedné z HK či DK může být testována nekonečně velkým počtem úkolů, což vede ještě k větší variabilitě v odpovědích. Vliv okolí a tlak „pravoruké civilizace" je dostatečně znám. U starších jedinců díky přeučování ve škole je tomu tak zejména při psaní. Skupina zdravých osob ukázala, že v patřičné poloze při dokonalé relaxaci vsedě počty kyvů patelárních reflexů přesahují často hodnoty 7–8 kyvů, což je hraniční počet uváděný pro kyvadlové reflexy [54–61].

Validace metodiky měření pasivity založené na vizuálním odhadu počtu kyvů byla provedena u zkoušky „modifikovaný ressaut" metodikou ANOVA pro opakovaná měření. Při této analýze nebyly zjištěny systematické rozdíly v rámci 10 opakování pokusu (F[9; 504]= 0,883; p = 0,540). Ke stejnému závěru autoři článku dospěli při formální analýze elektronických záznamů akcelerace spontánních kyvů u zkoušky „pád bérců z extenze" [50]. Elektrofyziologická vyšetření elektromagnetickými čidly, umístěnými na zápěstí a nad kotníky DK, ve srovnání se zde uváděnými tradičními klinickými testy sdělíme na jiném místě.

Při klinickém stanovení rukosti a jejího stupně aspexí a palpací jsme zjistili stranu větší pasivity v kloubech ramene, lokte, zápěstí, kolene a nártu; kromě tohoto klasického neurologického posuzování včetně asymetrií synkinez HK při chůzi jsme zaznamenávali počet kyvů po pádu paží z předpažení (modifikovaná zkouška „ressaut"), počty kyvů po patelárním a tricipitovém reflexu a po zkoušce současného pádu bérců z extenze v koleni vsedě či předloktí z extenze v lokti vleže (na břiše). V našem relativně nevelikém souboru jsme vyšetřovali i řadu úkonů, které zde nejsou uváděny. Zjistili jsme, že i tradiční klinické vyšetření je schopné přinést nové informace, které po objektivizaci přístrojovým zařízením mohou rozšířit naše vědomosti o celém mysteriu laterality.

Ohodnocení větší či menší pasivity vlevo či vpravo na HK a DK palpací a aspeksí (standardní neurologický postup) jsme použili v rámci vyšetřování rukosti a nohosti v souboru 9–11letých školáků s postupným navýšením rozsahu souboru (až na n = 366) v letech 2007–2009 [5,6]. Vyhodnocení indikátorů pasivity navzájem a vůči rukosti prostřednictvím grafické prezentace statisticky významných „prediktivních hodnot" bylo prezentováno v [49], když klasifikace do laterálních skupin byla provedena na bázi šesti testů E-dotazníku nejvýznamnějších pro rukost.



Graf 2e. Porovnání průměrného počtu kyvů (z 10 opakování pokusu) po reakci patelárního reflexu podle lokality (sin-dx) a laterální skupiny (Praváci-Leváci).
Hyperboly poukazují na statisticky významně rozlišitelné průměry u Praváků (na rozdíl od Leváků) na hladině spolehlivosti 95 %. Efekt křížové dominance DK (testovaný interakčním efektem 'sin-dx' a laterální skupiny) je statisticky významný na hladině spolehlivosti 95% (F[1,55] = 4,96; p = 0,030).

Cennou informaci o svalovém tonu přináší pozorování počtu kyvů po volném pádu bérce z extenze vsedě podle Wartenberga [54]. Jako „normální" kyvadlové reflexy patelární se uvádějí 2–3 kyvy [54–61]. Za patologické je považován větší počet kyvů než 7–8. Podle našich zkušeností u zdravých dětí [5,6] a u zdravých dospělých je rozdíl v počtu kyvů na levostranných či pravostranných končetinách v rámci jejich tonusové asymetrie v hodnotách 1–3 kyvů. Absolutní počet kyvů je interindividuálně velice variabilní, závisí i na svalové hmotě. Muži a muskulární typy mají menší počet kyvů. Důležitá je spolupráce s vyšetřovaným, aby nedocházelo k volnímu zastavování kyvů či k jejich arteficiálnímu prodlužování, což lze zjistit pozorováním a patřičný pokus vyřadit. Artefakt lze prokázat graficky [49,50]. Útlum kyvadlových reflexů nastává u spasticity a u poruch extrapyramidových. U zánikových lézí mozečku díky hypotonii jejich počtu přibývá.

K pochopení složitosti svalového tonu obecně: člověk jako dipéd má díky gravitaci specifická spojení, ovlivňující odlišně HK a DK.

Do složitých mechanizmů regulace svalového tonu jak statického, tak kinetického jsou zapojeny okruhy kortikální: emocionální, zrakové, sluchové, subkortikální (vestibulární) a složka pohybové paměti, tedy nácviku, souvisejícího s časováním [38]. Problematice časování se u nás věnovala brněnská škola [63].

Rychlost vedení nervovými vlákny závisí na jejich anatomické skladbě a na stupni myelinizace [64].

Nenalezli jsme údaje o tom, o kolik rychleji probíhají impulzy v kortiko-ponto-cerebelárních drahách při úvaze, že od

proLékaře.cz | 2.7.2025

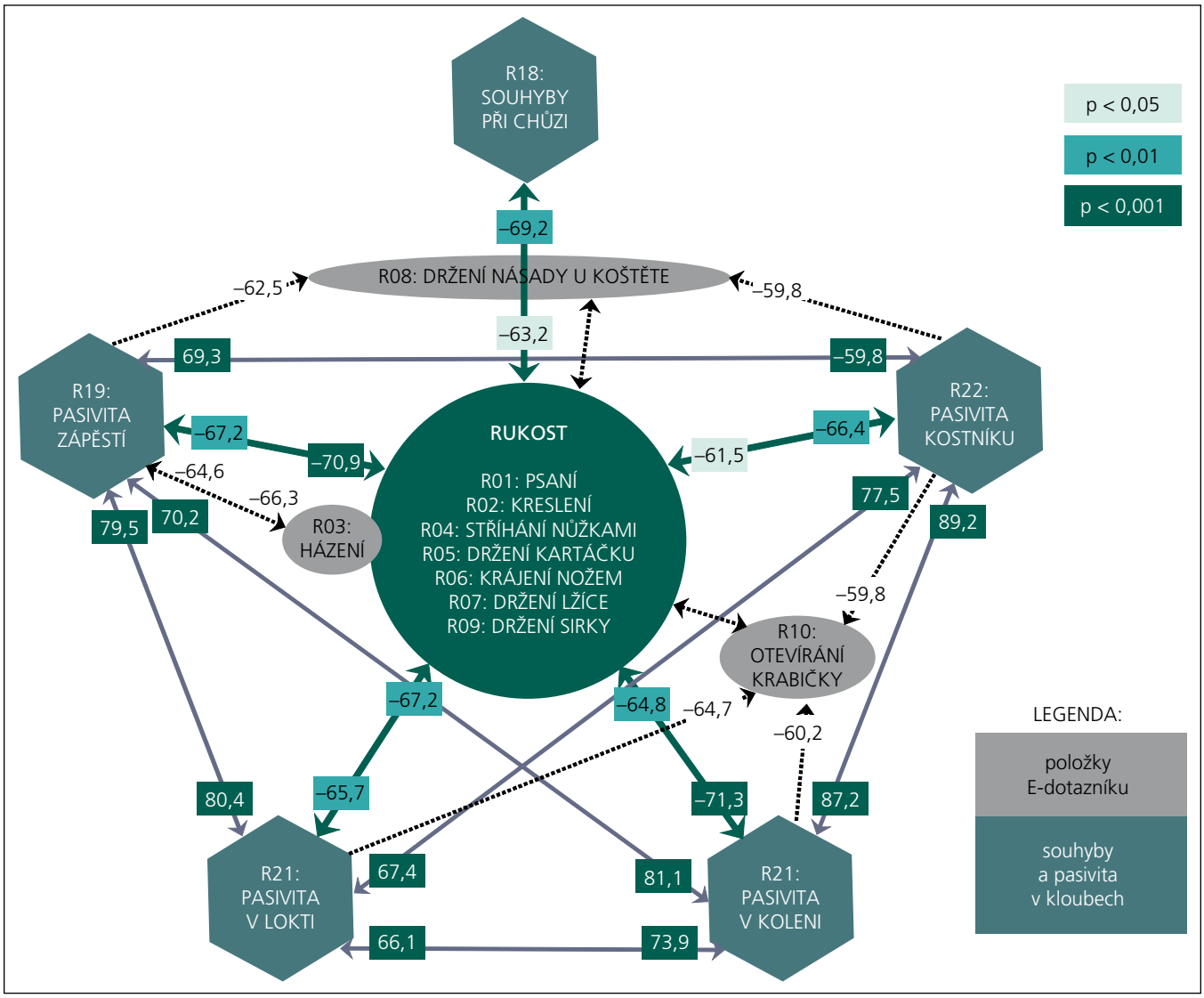


Schéma 1. Statisticky významná procenta prediktivních hodnot mezi indikátory pasivity v pěti lokalitách a deseti otázkami E-dotazníku pro soubor školáků (n = 366).

úmyslu provést jakýkoliv pohyb musí motorická kůra a přední rohy míšní obdržet předem informace o poloze těla i jeho končetin a paměťových motorických okruhů z mozečku a z mozku.

Výsledky klinického stanovení svalového tonu jsou natolik přesvědčivé, že mozečková dominance u Leváků není prostým „zrcadlovým obrazem" cerebelární dominance Pravaček a Praváků. Ambidextři se chovají jako neúplní Leváci.

Zkřížená motorická dominance cerebro-cerebelární v Hennerově pojetí platí pravděpodobně jen pro čisté praváky a více pro jejich horní končetiny. U Praváků je nižší svalový tonus na levostranných horních i dolních končetinách u dětí i u dospělých. Ve vysokém procentu jej ale nalézáme i u Leváků a u Ambidextrů.

Charakteristiky pádů při modifikovaném „ressaut" souhlasily s klinickým pozorováním souhybů HK při chůzi a s manuálním posouzením pasivity v ramenním kloubu. Souhyby paží při chůzi jsou někdy více vyjádřeny v loketním kloubu než v samotném rameni, což by stálo za zvláštní sledování např. i s měřením délky kroku druhostranné dolní končetiny.

Při posuzování motorické laterality lze používat dělení na Praváky a Nepraváky. Vždy musíme mít povědomí o variabilitě jednotlivých izolovaných úkonů. Znovu je třeba zdůraznit, že mozeček kromě regulace motorických funkcí se účastní na řadě kognitivních úkonů [52,63].

Literatura

1. Krkljes M. Regulation of muscle Tonus. Med Pregl 1990; 43(3–4): 172–174.
2. Henner K. Příznaky vznikající z nadměrné činnosti mozečku. Praha: Grégr a syn 1928.
3. Hrbek J. Nový výklad převládající pravorukosti, dominance levé mozkové hemisféry a pravé mozečkové hemisféry. Cesk Slov Neurol N 1978; 41/74(3): 145–165.
4. Tichý J. Vír vlasů – geneticky vázaný jev při vyšetřování fenotypu praváctví a hemisferální dominance. Čas Lék čes 2006; 145: 995–998.
5. Tichý J. Běláček J. Pravo/levorukost a preference druhostranné dolní končetiny. Testování laterality a mozečkové dominance. Cesk Slov Neurol N 2008; 71/104(5): 552–558.
6. Tichý J. Běláček J. Laterality in children: cerebellar dominance, handedness, footedness and hair whorl. Activitas Nervosa Superior Rediviva 2009; 51(1–2): 9–20.
7. Růžička E, Amber Z. Mozeček. In: Amber Z, Bednařík J, Růžička E (eds). Klinická neurologie. I. část obecná. Praha: Triton 2004.

proLékaře.cz | 2.7.2025

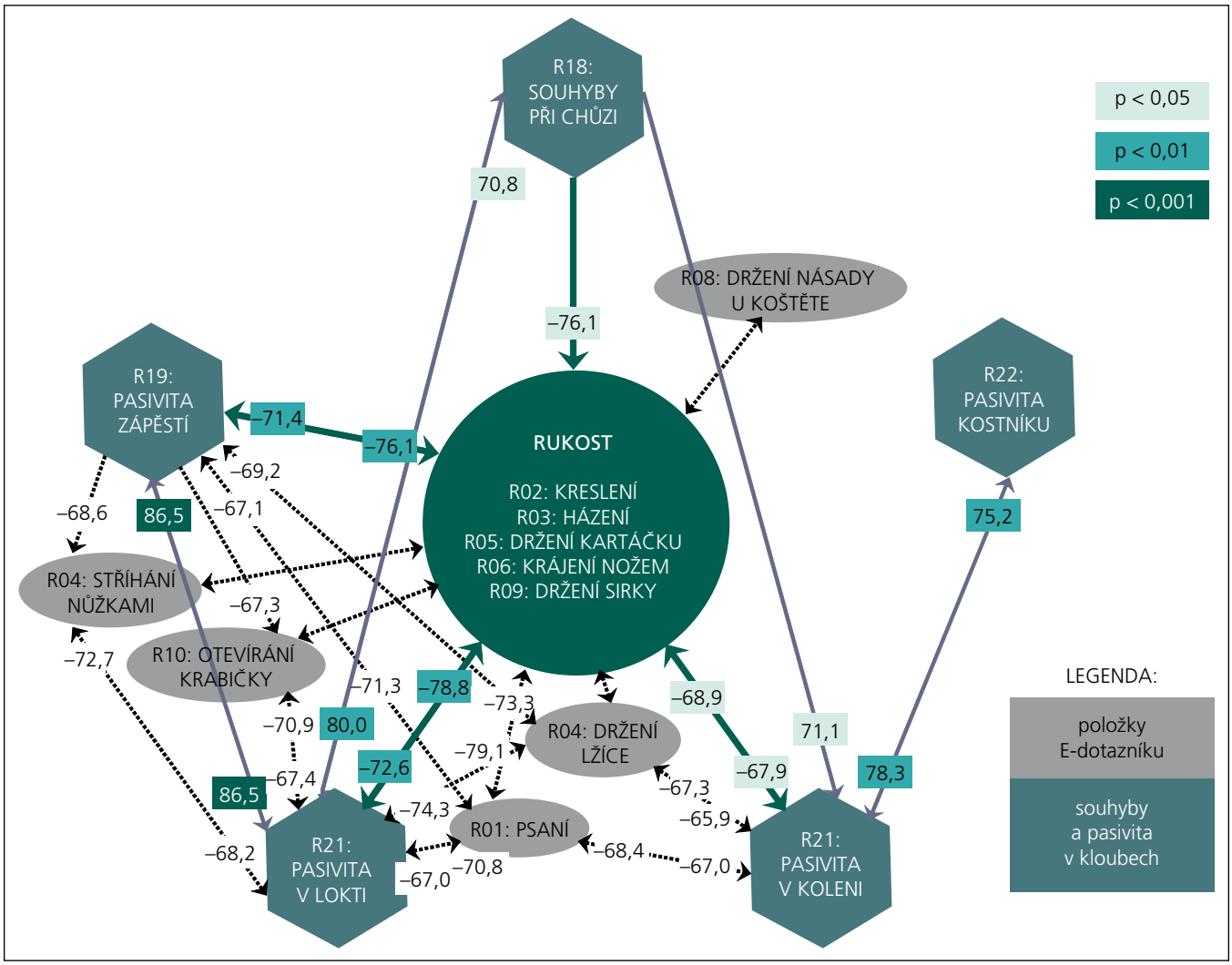


Schéma 2. Statisticky významná procenta prediktivních hodnot mezi indikátory pasivity v pěti lokalitách a deseti otázkami E-dotazníku pro soubor dospělých (n = 61).

8. Marien P, Engelborghs S, Fabbro F, De Devn PP. The lateralized linguistic cerebellum: a review and a new hypothesis. Brain Lang 2001; 79(3): 580–600.
9. Gebhart AL, Petersen SE, Thach WT. Role of the Posterolateral Cerebellum in Language. Ann N Y Acad Sci 2002; 978: 318–333.
10. Urban PP, Marx J, Hunsche S, Gawehn J, Vucurevic G, Wicht S et al. Cerebellar Speech Representation. Arch Neurol 2003; 60(7): 965–972.
11. Hubrich-Ungureanu P, Kaemmerer N, Henn FA, Braus DF. Lateralized organization of the cerebellum in a silent verbal fluency task: a functional magnetic rezonance imaging study in healthy volunteers. Neurosci Lett 2002; 319(2): 91–94.
12. Jansen A, Flöel A, Van Randenborgh J, Konrad C, Rotte M, Förster AF et al. Crossed cerebro-cerebellar language dominance. Hum Brain Mapp 2005; 24(3): 165–172.
12. Ito M. Cerebellar circuitry as a neuronal machine. Prog Neurobiol2006; 78(3–5): 272–303.
14. De Smet HJ, Baillieux H, De Deyn PP, Mariën P, Paquier P. The cerebellum and language: the story so far. Folia Phoniatr Logop 2007; 59(4): 165–170.
15. Kajimoto K, Oku N, Kymura Y, Kato H, Tahaka MR, Kanai Y et al. Crossed cerebellar diaschisis: a positron emission tomography study. Ann Nucl Med 2007; 21(2): 109–113.
16. Krienen FM, Buckner RL. Segregated fronto-cerebellar circuits revealed by intrinsic functional connectivity. Cereb Cortex 2009; 19(10): 2485–2497.
17. Murdoch BE. The cerebellum and language: historical perspective and review. Cortex 2010; 49(7): 858–868.
18. Neff D. Differences in the function of the two cerebral hemispheres. In: Geschwind N, Galaburda AM (eds). Cerebral dominance: The biological foundations. Cambridge MA: Harvard University Press 1984.
19. Bakar M, Kirschner HS, Hertz RT. Crossed aphasia. Functional braion imaging with PET or SPECT. Arch Neurol 1996; 53(10): 1026–1032.
20. Annett M, Alexander MP. Atypical cerebral dominance: Prediction and tests of the right shift theory. Neuropsychologia 1996; 34(12): 1215–1227.
21. Chee MW, Buckner RL, Savoy RL. Right hemisphere language in a neurologically normal dextral: a fMRI study. Neuroreport 1998; 9(15): 3499–3502.
22. McManus IC. Handedness, cerebral lateralisation, and the evolution of language. In: Corballis MC, Lee SEG (eds). The descent of mind. Oxford: Oxford University Press 1999.
23. Tzourio N, Crivello F, Mellet E, Nkanga-Ngila B, Mazoyer B. Functional anatomy of dominance for speech comprehension in left handers vs right handers. Neuroimage 1998; 8(1): 1–16.
24. Annett M. Handedness and cerebral dominance: the right shift theory. J Neuropsychiatry Clin Neurosci 1998; 10(4): 459–469.
25. Pujol J, Deus J, Posilka JM, Capdevila A. Cerebral lateralization of language in normal left-handed people studied by functional MRI. Neurology 1999; 52(5): 1038–1048.
26. Knecht S, Dräger B, Deppe M, Bobe L, Lohmann A, Flöel E et al. Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans. Brain 2000; 123(12): 2512–2518.
27. Knecht S, Deppe M, Dräger B, Bobe L, Lohmann H, Ringelstein B et al. Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans. Brain 2000; 123(12): 2512–2518.
28. Tzourio-Mazoyer N, Josse G, Crivello F, Mazoyer B. Interindividual variability in the hemispheric organization for speech. Neuroimage 2000; 21(1): 422–435.
29. Isaacs KL, Khedr EM, Hamed E, Said A, Basahi J. Handedness and language cerebral lateralization. Eur J Appl Physiol 2002; 87(4–5): 469–473.

proLékaře.cz | 2.7.2025

30. Chee MW, Caplan D. Face encoding and psychometric testing in healthy dextrals with right hemisphere language. Neurology 2002; 59(12): 1928–1934.
31. Borbély K, Gjedde A, Nyáry I, Czirják S, Donauer N, Buck A. Speech activation of language dominant hemisphere: a single-photon emission computed tomography study. Neuroimage 2003; 20(2): 987–994.
32. Wood AG, Harvey AS, Wellard RM, Abbot DF, Anderson V, Kean M et al. Language cortex activation in normal children. Neurology 2004; 63(6): 1035–1044.
33. Klateb A, Martyry MD, Annoni JM, Lazeyras F, de Tribolet N, Pegma AJ et al. Transient crossed aphasia evidence by functional brain imagery. Neuroreport 2004; 15(5): 785–790.
34. Lindelll AK. In your right mind: right hemisphere contributions to language processing and production. Neuropsychol Rev 2006; 16(3): 131–148.
35. Barr WB, Nelson PK, Devinski O. Degree of handedness and cerebral dominance. Neurology 2006; 66(12): 1855–1858.
36. Crosson B, McGregor K, Kaudinya SG, Conway TW, Benjamin M, Yu-Ling Chan et al. Functional MRI of language in aphasia: a review of the literature and the methodological challenges. Neuropsychol Rev 2007; 17(2): 157–177.
37. Hatta T. Handedness and the brain: a review of brain-imaging techniques. Magn Reson Med Sci 2007; 6(2) 99–112.
38. Keele SW, Ivry R. Does the cerebellum provide a common computation for diverse tasks? A timing hypothesis. Ann N Y Acad Sci 1990; 608: 179–211.
39. Marien P, Engelborghs S, Fabbro F, De Devn PP. The lateralized linguistic cerebellum: a review and a new hypothesis. Brain Lang 2001; 79(3): 580–600.
40. Gebhart AL, Petersen SE, Tlach WT. Role of the posterolateral cerebellum in language. Ann N Y Acad Sci 2002; 978: 318–333.
41. Hubrich-Ungueranu P, Kaemmerer N, Henn FA, Braus DF. Lateralized organization of the cerebellum in a silent verbal fluency task: a functional magnetic rezonance imaging study in healthy volunteers. Neurosci Lett 2002; 319(2): 91–94.
42. Urban PP, Marx J, Hunsche S, Gawehn J, Vucurevic G, Wicht S et al. Cerebellar speech representation: lesion topography in dysarthria as derived from cerebellar ischemia and functional magnetic resonance imaging. Arch Neurol 2003; 60(7): 965–972.
43. Habas C, Axelrad H, Cabanis EA. The cerebellar second homunkulus remains silent during passive bimanual movements. Neuroreport 2004; 15(10): 1571–1574.
44. Kajimoto K, Oku N, Kymura Y, Kato H, Tahaka MR, Kanai Y et al. Crossed cerebellar diaschisis: a positron emission tomography study. Ann Nucl Med 2007; 21(2): 109–113.
45. Chusid JG. Correlative Neuroanatomy and Functional Neurology. 18th ed. Los Altos, California: Lange Medical Publication 1982.
46. Kandel ER, Schwarz JH, Jessell TM. Principles of neural science. 4th ed. New York: McGraw Hill 2000.
47. Ivry RB, Keele SW. Timing functions of the cerebellum. J Cogn Neurosci 1989; 1: 136–152.
48. Oldfield RC. The Assessment and Analysis of Handedness: The Edingurgh Inventory. Neuropsychologia 1971; 9(1): 97–113.
49. Běláček J, Tichý J, Novák M, Nykl M, Pecha O, Voleman M. Měření laterality mozečku – metodika. Poster. In: Mornstein V, Vlk D (eds). Sborník abstrakt XXXIII. dnů lékařské biofyziky Mikulov 2010.
50. Běláček J, Tichý J, Novák M, Nykl M, Pecha O, Kaspříková N. Měření laterality – statistická analýza klinických vyšetření dominance mozečku. Cesk Slov Neurol N 2010; 73/103 (Suppl 2): S113–S114.
51. SPSS Statistisc 17.0 Command Syntax Reference. Chicago, IL 60606-6412: 1717–1720.
52. Ito M. Historical review of the significance of the cerebellum and the cells in motor learning. Ann N Y Acad Sci 2002; 978: 273–288.
53. Ito M. Cerebellar circuitry as a neuronal machine. Prog Neurobiol 2006; 78(3–5): 272–303.
54. Wartenberg R. Pendulousness of the legs as a diagnostic test. Neurology 1951; 1(1): 18–24.
55. Vítek J. Obecná neurologická diagnostika. Praha: Zdravotnické nakladatelství 1950.
56. Černáček J et al. Neurologická propedeutika. Bratislava: Vydavatelstvo Slovenskej Akademie Vied 1963.
57. Brown RA, Lawson DA, Leslie GC, Part NJ. Observation on the applicability of the Wartenberg pendulum test to healthy, elderly subjects. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1988; 51(9): 1171–1177.
58. Lin CC, Ju MS, Lin CW. The pendulum test evaluating spasticity of the elbow joint. Arch Phys Med Rehabil 2003; 84(1): 69–74.
59. Huang HW, Ju MS, Wang WC, Li CC. Muscle tone of upper limbs evaluated by quantitative pendulum test in patients with acute cerebral stroke. Acta Neurol Taiwan 2009; 18(4): 250–254.
60. Bohannon RW, Harrison S, Kinsella-Shaw J. Reliability and validity of pendulum test measures of spasticity obtained with the Polhemus tracking system from patients with chronic stroke. J Neuroeng Rehabil 2009; 6: 30.
61. Růžička E, Ambler Z. Mozeček. In: Ambler Z, Bednařík J, Růžička E (eds). Klinická neurologie. 1. část obecná. Praha: Triton 2004.
62. Bares M, Lungu OV, Liu T, Waechter T, Gomez CM, Ashe J. The neural substrate of predictive motor timing in spinocerebellar ataxia. Cerebellum 2011; 10(2): 233–244.
63. Stoodley CJ. The cerebellum and Cognition: Evidence from Functional Imaging Studies. Cerebellum. In press 2011.
64. Swadlow HA, Waxman SG. Axonal conduction delays [online]. Dostupné z URL: http://www.scholarpedia.org/article/Axonal_conduction_delays.

Vážení čtenáři,

elektronickou verzi všech článků naleznete na www.csnn.eu.
Děkujeme vám za přízeň

redakce ČSNN