

Univerzita Karlova v Praze

2. lékařská fakulta

Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství

Bc. Josef Martínek

KVALITA SENZOMOTORICKÉ KONTROLY NA DOLNÍCH KONČETINÁCH
VE VZTAHU K LATERÁLNÍ PREFERENCI U MLADÝCH SPORTOVců
(FOTBALISTŮ)

Diplomová práce

Praha 2018

Autor práce: Bc. Josef Martínek

Vedoucí práce: Mgr. Michaela Opálková

Oponent práce: Mgr. Alexandra Janečková

Datum obhajoby: červen 2018

Bibliografický záznam:

MARTÍNEK, Josef. *Kvalita senzomotorické kontroly na dolních končetincích ve vztahu k laterální preferenci u mladých sportovců (fotbalistů)*. Praha, 2018. Diplomová práce. 2. lékařská fakulta UK v Praze, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství. Vedoucí práce Mgr. Michaela Opálková.

Abstrakt

Cíl práce: Tato diplomová práce se zabývá korelací mezi laterální preferencí dolních končetin a kvalitou senzomotorické kontroly. Snažíme se ověřit, zda existuje stranový rozdíl v kvalitě senzomotorické kontroly na dolních končetinách a zda tento rozdíl koreluje se stranovou preferencí dolních končetin.

Metodika: Na souboru 18 probandů jsme testovali somatosenzorický systém (dvoubodovou diskriminaci, grafestezii, palestезii, statestезii a kinestезii) a pomocí dotazníku zjišťovali stranovou preferenci dolních končetin.

Analýza dat: Naměřená data jsme analyzovali prostřednictvím párového t-testu. Při testování statistických hypotéz jsme zvolili hladinu významnosti $p = 0,05$.

Výsledky: Nepodařilo se prokázat žádný statisticky signifikantní rozdíl v senzomotorické kontrole na dolních končetinách. Není tedy možné určit rozdíl v senzomotorické kontrole vzhledem k preferenci dolních končetin.

Závěr: Na dolních končetincích se neprojevuje stranový rozdíl v senzomotorické kontrole.

Klíčová slova: senzomotorická kontrola, lateralita, preference dolních končetin

Bibliographic identification:

MARTÍNEK, Josef. *Quality of sensorimotor control on lower limbs in relation to lateral preference in young athletes (soccer players)*. Prague, 2018. Charles University, 2nd Faculty of Medicine, Department of Rehabilitation and Sports Medicine, Supervisor: Mgr. Michaela Opálková.

Abstract

Objectives: Our thesis is focused on correlation of lateral (side) preferences of lower limbs and quality of sensorimotor control. Our aim is to figure out whether there is difference in laterality of sensorimotor control of lower limbs and if so, whether there is correlation with side preference.

Methods: Study is made on 18 volunteers. We tested somatosensory system, specifically two-point discrimination, graphesthesia, pallesthesia, statesthesia, kinesthesia. We used a questionnaire to determine side preference of lower limbs. We used paired sample t-tests, with level of importance $p=0,05$.

Results: According to t-tests, there are no differences in sensorimotor control in lower limbs. According to those results, it is not possible to determine the difference in sensorimotor control due to lower limb preference.

Summary: There is no difference in sides in sensorimotor control of lower limbs.

Keywords: sensorimotor control, laterality, lower limb preference

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. Michaely Opálkové, uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky. Dále prohlašuji, že stejná práce nebyla použita pro k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 14.5.2018

Bc. Josef Martínek

Poděkování

Děkuji Mgr. Michaele Opálkové za její vstřícný a laskavý přístup k vedení diplomové práce, odborné rady a poznámky, bez nichž by tato práce nevznikla. Děkuji Bc. Adamu Čechovi za jeho pomoc při statistickém zpracování. Děkuji trenérovi Jakubu Harantovi a jeho svěřencům za účast v praktické části diplomové práce. Na závěr děkuji rodině a všem blízkým.

Obsah

Seznam zkratk	9
Úvod	10
1 Souhrn teoretických poznatků	11
1.1 Somatosenzorický systém	11
1.1.1 Receptory somatosenzorického systému	12
1.1.1.1 Kožní mechanoreceptory	14
1.1.1.2 Kožní termoreceptory	15
1.1.1.3 Kožní nociceptory	16
1.1.1.4 Proprioreceptory	16
1.1.2 Mechanismy kódování somatosenzorických informací	20
1.1.3 Centrální spoje somatosenzorického systému	20
1.1.4 Přenos propioceptivních informací	21
1.1.5 Somatosenzorická kůra	24
1.1.6 Spinální mozeček	25
1.1.7 Korová plasticita	25
1.1.8 Patofyziologie somatosenzorického systému	26
1.2 Funkční specializace mozkových hemisfér	27
1.2.1 Plasticita motorické kůry	28
1.3 Lateralita	29
1.3.1 Vznik a vývoj lateralit	30
1.3.1.1 Vznik lateralit	30
1.3.1.2 Vývoj lateralit	31
1.3.2 Lateralita při zajištění posturálních a dalších motorických funkcí	32
1.3.3 Lateralita horních končetin	33
1.3.3.1 Vznik a vývoj lateralit na horních končetinách	33
1.3.3.2 Lateralita ve sportu	34
1.3.3.3 Rukovost vs. Nohovost	35
1.4 Lateralita - dolní končetiny	37
1.4.1 Závislost na věku	37
1.4.2 Lateralita v chůzi	38
1.4.3 Lateralita v běhu	39
1.4.4 Lateralita v cyklistice	39
1.4.5 Lateralita z pohledu silových vlastností	39

1.4.6 Lateralita z pohledu morfologie	40
1.4.7 Lateralita jako rizikový faktor vzniku zranění.....	40
1.5 Vyšetřované modality	42
1.5.1 Somatognozie.....	42
1.5.2 Stereognozie a grafestezie	43
1.5.2.1 Stereognozie.....	43
1.5.2.2 Grafestezie	44
1.5.3 Dvoubodová diskriminace.....	45
1.5.4 Palestezie.....	47
1.5.5 Propriocepce	49
1.5.5.1 Statestezie	49
1.5.5.2 Kinestezie	50
1.5.6 Body image.....	50
2 Cíle a hypotézy	52
3 Metodika	53
3.1 Určení laterální preference	53
3.2 Stereognozie - Grafestezie	54
3.3 Dvoubodová diskriminace.....	55
3.4 Palestezie.....	56
3.5 Statestezie a kinestezie	56
4 Výsledky.....	58
4.1 Sběr dat	58
4.2 Praktická část.....	58
4.2.1 Charakteristika souboru	58
4.2.1.1 Vstupní kritéria.....	58
4.2.1.2 Vylučovací kritéria	58
4.2.2 Statistické zpracování.....	59
4.3 Výsledky.....	60
4.3.1 Laterální preference DKK	60
4.3.2 Dvoubodová diskriminace.....	60
4.3.3 Grafestezie	63
4.3.4 Palestezie.....	64
4.3.5 Statestezie a kinestezie	69
4.4 Analýza hypotéz	76
4.4.1 Hypotézy.....	76

4.4.2 Výsledky hypotéz.....	76
5 Diskuze.....	77
5.1 Testovací skupina	77
5.2 Metodika testování	78
5.3 Výsledky praktické části	78
5.4 Odborná literatura	79
5.5 Závěr diskuze	80
Závěr	81
Referenční seznam	82

Seznam zkratk

SA - slow adaptive (pomalu se adaptující)

RA - rapid adaptive (rychle se adaptující)

MMA - mixed martial arts (smýššená bojová umění)

fMRI - funkční magnetická rezonance

DK - dolní končetina

HK - horní končetina

Úvod

S jevem laterality se lze nepochybně setkat už na úsvitu kulturního vývoje lidstva a stranová asymetrie ve stavbě těla, resp. zapojování jeho párových orgánů a struktur do různých funkcí jsou obecně známy. (Vařeka et Šiška, 2005)

V této diplomové práci se zaměříme blíže na lateralitu dolních končetin, která je odbornou literaturou poněkud upozadřována za lateralitou horních končetin. Co literatura nabízí je pohled na stranovou asymetrii dolních končetin z pohledu silových vlastností. (McGrath et al., 2016; de Ruiter et al., 2010; Kobayashi et al., 2013).

Avšak v této práci je hlavním bodem zájmu lateralita z pohledu senzomotorické kontroly. Somatosenzorický systém je součástí senzorického systému, který zahrnuje vědomé vnímání dotyku, tlaku, bolesti, teploty, polohy, pohybu a vibrací, které vznikají ze svalů, kloubů, kůže a fascií. (Gleveckas-Martens et Crisan; 2013)

To, že existuje stranová asymetrie a podvědomá preference jedné dolní končetiny před druhou je z dostupných literárních zdrojů jasné, avšak existuje taková korelace s kvalitou senzomotorické kontroly? Je preferovaná dolní končetina preferovaná právě proto, že má lepší somatognostické vlastnosti? Dovede preferovaná dolní končetina rozpoznat lépe povrch po kterém kráčí, číslo, které napíšeme na chodidlo či vzdálenost dvou bodů? Nebo má naopak lepší senzomotorické vlastnosti končetina nepreferovaná, která, jak literatura uvádí, zahrnuje především statické posturální vlastnosti, které jsou nezbytné ke kvalitně provedenému pohybu fázičké dolní končetiny?

1 Souhrn teoretických poznatků

1.1 Somatosenzorický systém

Somatosenzorický systém je součástí senzorického systému, který zahrnuje vědomé vnímání dotyku, tlaku, bolesti, teploty, polohy, pohybu a vibrací, které vznikají ze svalů, kloubů, kůže a fascií. (Gleveckas-Martens et Crisan; 2013)

Somatosenzorický systém zahrnuje tzv. kožní čítí a propiocepci. Kožním čítím rozumíme vnímání podnětů mechanických (taktilní čítí), tepelných (termocepcce) a bolestivých (nocicepcce), působících na povrch těla. Propriocepci rozumíme vnímání vzájemné polohy (statická propiocepcce neboli statestezie) a pohybu (dynamická propiocepcce neboli kinestezie) jednotlivých partií těla. (Králíček, 2011, s. 71)

Senzorický systém přenáší 4 základní typy informací - modalitu, lokalitu, intenzitu a informaci o časovém průběhu. Modalita je v tomto případě definována jako charakteristika typu stimulu, nebo také jako charakterizování druhu energie, která stimul způsobil. V případě časových charakteristik se jedná především o začátek a konec působení stimulu a o to, jak rychle energie působila. (Kandel et al., 2000, s 412)

Somatosenzorický systém se odděluje od speciálních smyslů a zařazuje do samostatné skupiny pro jeho následující zvláštnosti:

1. receptory somatosenzorického systému nejsou soustředěny do určitého dobře definovatelného orgánu, ale jsou roztroušeny po celém povrchu těla;
2. na rozdíl od speciálních smyslových orgánů je somatosenzorický systém schopen detekovat více forem informačních signálů (modalit), působících na povrch těla. (Králíček, 2011, s. 71)

Různí autoři mají na dělení somatosenzorických funkcí odlišný náhled. Někteří rozlišují čítí podle kvality a složitosti podnětu na elementární (dotyk, bolest, teplo, tah, tlak a vibrace) a syntetické (tzv. diskriminační). Do této skupiny zahrnují také statestezii, kinestezii, barestezii, planestezii (rozpoznání rovné či křivé čáry, určení tvaru geometrického obrazce), grafestezii (rozpoznávání písmen), topostezii (určení místa dotyku), somatognozii (orientace na vlastním těle) a stereognozii. (Vyskotová et Macháčková, 2013, s. 73)

Kobesová (in Kolář, 2009) ještě přidává vyšetření vibračního čítí a dvoubodovou diskriminaci. (Kobesová in Kolář, 2009, s. 69)

Na základě srovnání několika diplomových prací, které se věnují problematice senzomotorické kontroly se tato práce bude blíže věnovat a pro své účely zkoumat následující modalita čítí: kinestezie, statestezie, palestezie, grafestezie, dvoubodová diskriminace. O těchto pojmech bude detailně pojednáno v další části práce. Nyní se ještě budeme věnovat obecnému popisu somatosenzorického systému.

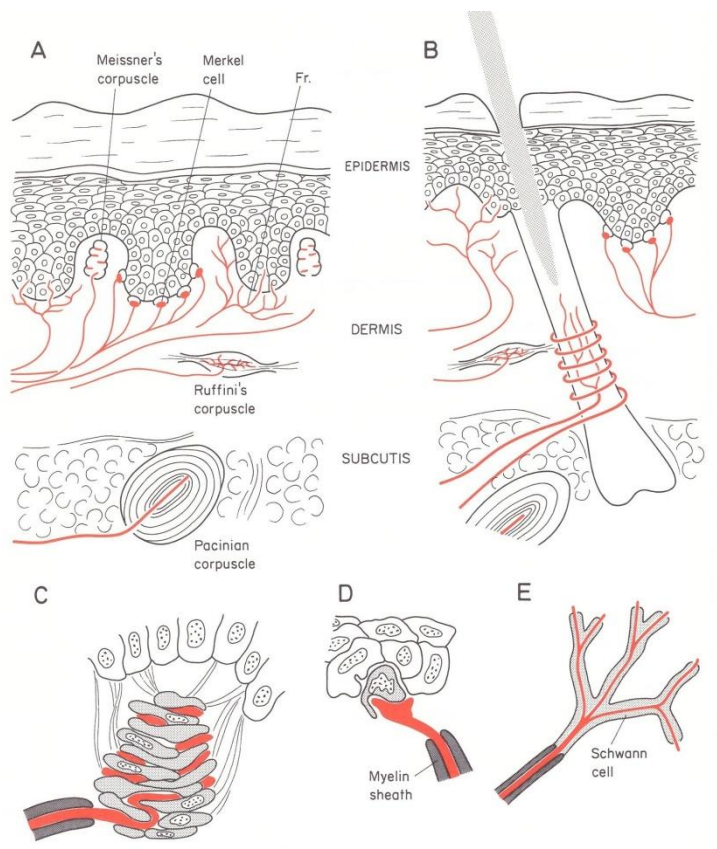
1.1.1 Receptory somatosenzorického systému

Podle Roopera et al. (2014) dělíme receptory senzorického systému na dva hlavní typy: kožní receptory (především povrchové - exteroceptory) a receptory v hlubokých strukturách (proprioceptory).

Každá modalita kožního čítí je zachycena specifickým kožním receptorem a vedena odděleným nervovým vláknem. Na základě tohoto sdělení uvádějí Rooper et al. (2014) následující rozdělení kožních receptorů:

- Meissnerova tělíska - dotyk
- Merkelovy disky - tlak
- Ruffiniho receptory - teplo a protažení kůže
- Krauseho tělíska - chlad
- Paciniho tělíska - vibrace, šimrání (lechtání)

K tomuto dělení nelze samozřejmě opomenout volná nervová zakončení, která jsou zodpovědná za registraci bolestivých stimulů. Toto dělení vychází tzv. teorie specificity, kterou formuloval Maximilian von Frey. Jak ale uvádějí Rooper et al. (2014), více druhů receptorů může reagovat na stejný podnět (Merkelovy disky, Meissnerova tělíska a volná nervová zakončení reagují na pohyb či statický taktilní stimul) a stejně tak jeden specifický receptor může reagovat na více modalit (jako příklad uvádějí autoři rohovku, která, byť obsahuje pouze volná nervová zakončení, reaguje na všechny čtyři základní podněty).



Obr. 1 - Kožní receptory - převzato z: BRODAL, Per. The Central Nervous System, 1992

Na základě těchto poznatků lze tvrdit, že kožní receptory nereagují specificky, ale spíše přednostně, tedy jsou schopny reagovat na více modalit a jedna z nich je silně upřednostňována. (Rooper et al., 2014)

Brodal (1992) vytvořil následující dělení receptorů:

1. dle zdroje adekvátního stimulu
 - a) exteroceptory - lokalizovány v kůži, informace z okolí těla
 - b) proprioceptory - lokalizovány v muskuloskeletálním systému, získávají informace o těle samotném
 - c) interoceptory - lokalizovány v útrobních orgánech, ze kterých získávají informace
2. dle subjektivního vnímání

Dle tohoto dělení rozlišujeme např. nociceptory (podle toho, že jejich stimulace působí bolest), chladové receptory (jejichž stimulace způsobí pocit chladu), tepelné receptory (jejichž stimulace je vnímána jako horko).

3. dle druhu adekvátního stimulu

- a) mechanoreceptory - zde autor uvádí, že četné stimuly mají svou mechanickou složku, z tohoto hlediska je např. sluchový vjem zpracováván jako mechanické vlnění a proto i receptory sluchu spadají do kategorie mechanoreceptorů
- b) chemoreceptory - chuť a čich, dále receptory, které reagují na uvolněné chemické substance při poškození tkání
- c) fotoreceptory - sítnice, tyto receptory mají extrémně nízký práh
- d) termoreceptory (Brodal, 1992, s. 111)

Většina receptorů reaguje nejlépe na pro něj specifický stimul, tj. daný druh energie (mechanická, chemická, tepelná), přičemž tento stimul musí dosáhnout prahové hodnoty. Tento adekvátní stimul je pak receptorem registrován a informace je dále zpracována CNS.

Některé receptory jsou schopné reagovat i na jiné druhy energie, avšak k dosažení tzv. prahové hodnoty neadekvátním stimulem je potřeba daleko více energie. Jako příklad lze uvést vnímání světla po úderu do oka (mechanická energie zde nahrazuje světelný vjem).

Některé receptory jsou schopné reagovat pouze na změnu stavu působícího stimulu. Jestliže stimul probíhá kontinuálně, receptory jej přestávají vnímat. Jedná se o tzv. rychle se adaptující receptory.

Opakem jsou tzv. pomalu se adaptující receptory, které vysílají akční potenciál po celou dobu působení adekvátního stimulu. Jako pomalu adaptující receptory lze uvést receptory bolesti a proprioreceptory, které nás informují o poloze těla. (Brodal, 1992, s. 109)

1.1.1.1 Kožní mechanoreceptory

Mechanické podněty, které působí na povrch těla, jsou detekovány a transformovány do podoby elektrického signálu prostřednictvím kožních receptorů. Adekvátním podnětem pro jejich podráždění je deformace kůže nebo ohnutí vlasu/chlupu (Králíček, 2011, s. 71), jedná se tedy buď o tlak na receptor nebo jeho protažení (Kandel et al., 2000, s. 418).

Aktivita všech v daném okamžiku podrážděných mechanoreceptorů se pak v centrálním nervovém systému spojuje v komplexní taktilní vjem, který umožňuje rozpoznat tvary, strukturu povrchu či tvrdost ohmatávaného předmětu. Taktilní receptory jsou klasifikovány podle morfologických kritérií a rychlosti adaptace. (Králíček, 2011, s. 71)

	morfologická lokalizace	rychlost adaptace	hranice receptivních o pole	velikost receptivních o pole	reaktivita
Merkelovy disky	epidermis	pomalá (SA I)	zřetelné	malé	dotek, lehký tlak
Meissnerova tělíska	corium	rychlá (RA I)	zřetelné	malé	chvění
Ruffiniho tělíska	corium	pomalá (SA II)	nezřetelné	velké	napínání kůže
Vater-Paciniho tělíska	tela subcutanea	rychlá (RA II)	nezřetelné	velké	chvění

Tab. 1 - Kožní receptory - převzato z: ČECH Z., Somatosenzorický systém - přednáška

Receptory které se podobají Ruffiniho a Vaterovým-Paciniho tělískům, nalézáme i v kloubních pouzdrech a vazech. Zde mají funkci proprioceptorů. (Králíček, 2011, s. 71)

Paciniho tělíska reagují na prvním místě na vibrace, jsou tedy nejvíce aktivní při vyšetření vibračního cití ladičkou. Ruffiniho tělíska se nejvíce zapojují při rozeznání tvaru drženého tělesa (Kandel et al., 2000, s. 432)

Povrchově uložené Merkelovy disky a Meissnerova tělíska jsou zaměřena více na jemné detaily (díky nim můžeme například číst Braillovo písmo), kdežto hluboko ležící Paciniho a Ruffiniho tělíska spíš podávají globálnější informace o povrchu daného tělesa. (Kandel et al., 2000, s. 437)

1.1.1.2 Kožní termoreceptory

Teplota objektů, které se dostanou do kontaktu s kůží, je vnímána prostřednictvím dvou typů receptorů:

1. chladovými receptory: jejich aktivace se objevuje při teplotách 10-30 °C, mohou však být paradoxně podrážděny i teplotou nad 45°C;

2. tepelnými receptory: optimálně reagují při teplotách 40-45°C.

Pokud jde o strukturu, jsou jak chladové, tak tepelné receptory volnými nervovými zakončeními aferentních nervových vláken typu A_δ a C. (Králíček, 2011, s. 71)

1.1.1.3 Kožní nociceptory

Vnímání bolestivých podnětů je zprostředkováno receptory pro bolest - nociceptory. Jsou to volná nervová zakončení aferentních vláken typu A_{δ} a C. Z funkčního hlediska se rozlišují tři typy těchto čidel:

1. mechanosenzitivní nociceptory: drážděny silným mechanickým stimulem (ostrý předmět);
2. termosenzitivní nociceptory: drážděny teplotou vyšší než 45°C a nižší 10°C ;
3. polymodální nociceptory: reagují na chemické látky uvolněné při poškození tkáně.

První dva typy jsou inervovány vlákny A_{δ} , které vedou tzv. rychlou bolest, polymodální nociceptory jsou terminály aferentních vláken typu C, které vedou tzv. pomalou bolest. (Králíček, 2011, s. 71)

1.1.1.4 Proprioreceptory

Receptory, které umožňují detekovat vzájemnou polohu a pohyby jednotlivých částí těla, označujeme jako proprioreceptory (zkráceně proprioceptory). Jako tato čidla zřejmě fungují:

1. ruffiniformní a paciniformní tělíska lokalizovaná v kloubních pouzdrech a vazech;
2. svalová vřeténka a Golgiho šlachová tělíska;
3. Ruffiniho tělíska uložená v koriu.

Soudí se, že ruffiniformní tělíska signalizují extrémní pozici v kloubu a paciniformní tělíska pohyb v kloubu, tedy kinestezii. Zbylé receptory, tj. svalová vřeténka, Golgiho šlachové orgány a Ruffiniho kožní tělíska, signalizují ustálenou pozici v kloubu, tedy statestézii. Signál ze svalových vřetének a Golgiho šlachových tělísek se přenáší do centrálního nervového systému aferentními nervovými vlákny typu A_{α} . Informace ze zbývajících typů proprioceptorů cestuje do centrálního nervového systému vlákny typu A_{β} . (Králíček, 2011, s. 71)

ad 1. Brodal (1992) popisuje čtyři druhy proprioceptorů, které se nacházejí v kloubních pouzdrech.

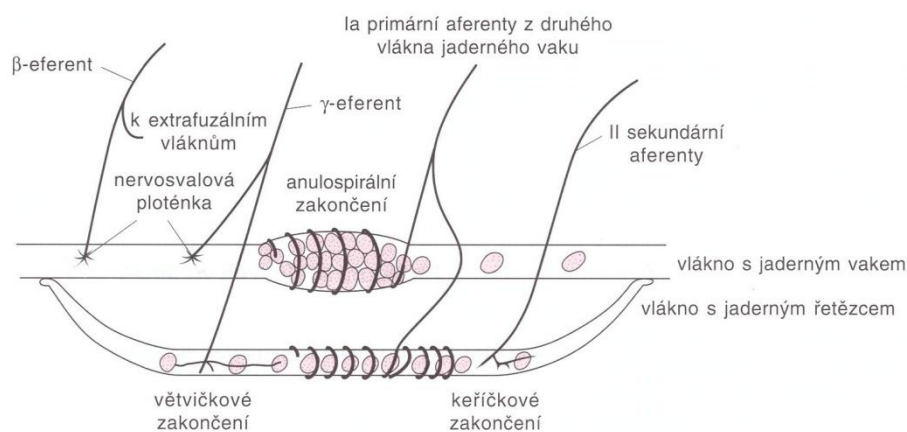
Ruffiniformní tělíska v kloubních pouzdrech se řadí mezi pomalu adaptující receptory, pro něž je adekvátním stimulem rostoucí napětí kloubního pouzdra. Silněji (vyšší frekvence akčních potenciálů) reagují na rychlou změnu polohy kloubu, než na pomalou. Samozřejmě záleží na lokalizaci konkrétního receptoru, při extenzi lokte budou reagovat receptory na zadní straně pouzdra jinak, než při flexi.

Paciniformní tělíska jsou rychle se adaptující a reagují nejlépe na protažení kloubního pouzdra. Vzhledem ke své rychlé adaptaci jsou schopna informovat pouze o dynamické změně v kloubu, naproti výše zmíněným Ruffiniformním tělískům, která informují vyšší etáže CNS také o statické pozici kloubu.

Zbylé dva druhy proprioreceptorů nemají příliš objasněnou funkci, u jednoho z nich se možná jedná o určitou formu nociceptorů. (Brodal, 1992, s. 125)

ad 2. Svalové vřetenko je specializovaný orgán čítí ve svalu. Obsahuje několik (4-6) svalových vláken o délce 2-10 mm, obklopených vazivovým pouzdem vřetenovitého tvaru. Svalová vřetenka se nazývají intrafusální vlákna, na rozdíl od ostatních, extrafusálních vláken svalu. Počet svalových vřetének v každém svalu je víceméně stálý, od několika vřetének do několika desítek. (Čihák, 2011, s. 355)

Intrafusální vlákna jsou dvojího druhu. Označují se nuclear bag fibres a nuclear chain fibres. Oba typy se liší morfologicky a dále rychlostí vykazované kontrakce. Typ nuclear bag se vyznačuje hroznovitým seskupením buněčných jader v receptorové oblasti. Vlákna typu nuclear chain jsou ve srovnání s předchozími o polovinu kratší a tenčí. Jejich buněčná jádra jsou seskupena do axiálně orientovaného řetězce v receptorové oblasti. Kontrakce prvního typu je pomalá, u druhého typu je velmi rychlá. (Kralíček, 2011, s. 103)



Obr. 6-2. Schematické znázornění hlavních složek savčího svalového vřetenka. Každé vřetenko má obal a obvykle obsahuje 2 vlákna s jaderným vakem a 4 i více vláken s jaderným řetězcem

Obt. 2 - Svalové vřetenko - převzato z: GANONG W. Přehled lékařské fyziologie, 2005

Funkce svalových vřetének

Když se svalové vřeténko natáhne, jeho senzoričká zakončení se deformují a je generován receptorový potenciál. To vyvolává v senzoričkých vláknech akční potenciály, jejichž frekvence je úměrná stupni protažení. Vřeténka jsou zapojena paralelně s extrafuzálními vlákny a při pasivním protažení svalu jsou natahována. To vyvolává reflexní stah extrafuzálních vláken ve svalu. Když se sval stáhne po elektrickém dráždění nervových vláken jdoucích k extrafuzálním svalovým vláknům, aferenty ze svalových vřetének přestanou generovat akční potenciály, protože se sval zkrátil, zatímco vřeténka zůstala v původní délce.

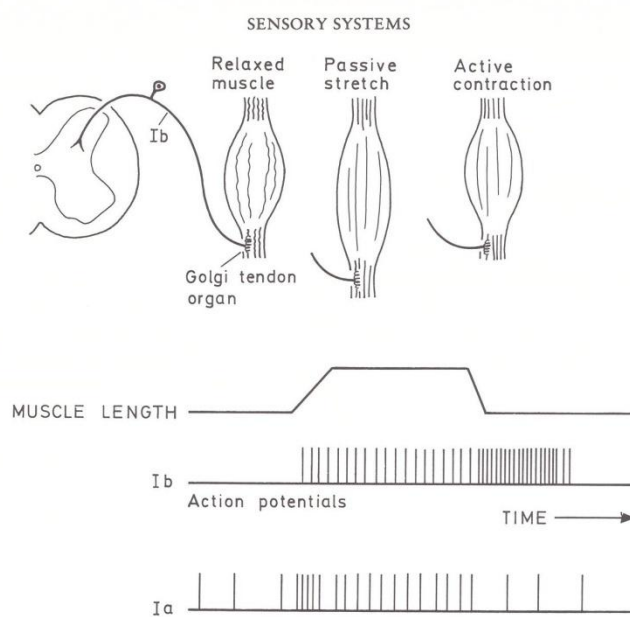
Tímto způsobem vřeténka a jejich reflexní zapojení představují zpětnou vazbu, která udržuje délku svalů. Když je sval natažen, výbojů z vřeténka přibývá a sval se reflexně zkracuje, zatímco při zkrácení svalu beze změny v eferentních výbojích γ -vláken vřeténka snižují aktivitu a sval relaxuje.

Když se vřeténko napíná, jsou drážděna primární zakončení na vláknech s jaderným vakem i na vláknech s jaderným řetězcem, typ odpovědi se však liší. Nervy ze zakončení v oblasti jaderného vaku vykazují dynamickou odpověď, tj. jejich výboje jsou časté, když je sval natahován, a méně často při trvajícím protažení. Nervy jdoucí ze zakončení na vláknech s jadernými řetězci vykazují statickou odpověď, tj. jejich výboje jsou časté po celou dobu, kdy je sval protažen. Znamená to, že primární zakončení odpovídají pouze na změnu délky svalu, tak i na změnu rychlosti napínání. Odpověď primárních zakončení na fázické i statické děje ve svalu je důležitá, protože rychlá výrazná fázická odpověď pomáhá tlumit oscilace způsobené zpožděným vedením ve zpětnovazební smyčce regulující délku svalu. V této smyčce vzniká normálně malá oscilace. Tento fyziologický třes má frekvenci asi 10 Hz. Byl by výrazně horší, kdyby nebyla vřeténka citlivá i na rychlost napínání. (Ganong, 2005, s. 133)

Vřeténka mají vlastní motorickou inervaci. Tyto nervy mají průměr 3-6 μm , tvoří asi 30 % vláken v předních kořenech a patří do Erlangerovy a Gasserovy skupiny A γ . Pro svou charakteristickou velikost se jmenují Leksellovy γ -eferenty nebo malý motoneuronový systém. Vedou výlučně k vřeténkům. Navíc jak intrafuzální, tak extrafuzální vlákna jsou inervována většími vlákny β . Zakončení eferentních vláken γ vykazují dva histologické typy: jednak nervosvalové ploténky na vláknech s jaderným vakem, jednak zakončení tvořící rozsáhlé sítě hlavně na vláknech s jaderným řetězcem. (Ganong, 2005, s. 131)

Motoneurony eferentního γ -systému jsou pod kontrolou sestupných drah z řady oblastí mozku. Tímto způsobem může být upravována citlivost svalových vřetének a tak i práh pro napínaví reflexy v různých částech těla podle potřeby posturální kontroly. (Ganong, 2005, s. 134)

V intaktním organismu je jakýkoli signál přenášený ze supraspinálních oblastí CNS k motoneuronům α vždy současně přenášen i na homonymní motoneurony γ . Tento efekt, zvaný koaktivace α - γ -motoneuronů, způsobuje, že se extrafuzální i intrafuzální vlákna kontrahují současně a zhruba stejnou měrou. Odpovídající stažení obou typů vláken má ten význam, že zachovává dráždivost svalových vřetének i při nové výchozí délce svalu. (Kralíček, 2011, s. 98)



Obr. 3 - Šlachová tělíska a jejich neurofyzilogická aktivita - převzato z: BRODAL, Per. The Central Nervous System, 1992

Šlachová vřeténka jsou uložena na přechodu svalu do šlachy. Jsou to snopečky šlachy obklopené vřetenovitým pouzdem; začínají z nich sensitivní vlákna registrující stupeň napětí. Šlachová vřeténka jsou obdobně jako svalová vřeténka zapojena do reflexní regulace napětí svalu. (Číhák, 2011, s. 355)

Golgiho šlachová tělíska neobsahují eferentní inervaci, jejich citlivost tak nemůže být regulována CNS, jako je tomu u svalových vřetének. (Brodal, 1992, s. 125)

Vzhledem k faktu, že Golgiho šlachová tělíska jsou do svalu řazena v sérii, reagují jak na kontrakci svalu (při izometrické kontrakci dojde ke kontrakci aktivních svalových vláken a protažení šlašité části svalu), tak na protažení. To je další rozdíl oproti svalovým vřeténkům, jejichž aktivita závisí na délce svalu, nikoli na jeho napětí. (Brodal, 1992, s. 125) Autor avšak dodává, že

primární zaměření šlachových tělísek je na protažení šlach způsobených aktivní svalovou kontrakcí než pasivním protažením svalu.

Golgiho šlachová tělíska jsou díky nezávislému rozmístění schopna informovat CNS a zapojení jednotlivých motorických jednotek a tím o celkové distribuci svalové aktivity. (Brodal, 1992, s. 125)

1.1.2 Mechanismy kódování somatosenzorických informací

Mechanismy, jimiž jsou rozmanité signály působící bezprostředně na povrch těla zpracovávány jsou pro tuto práci příliš složité. Důležité je zmínit na tomto místě dva následující pojmy: somatotopická organizace a laterální inhibice.

Vnímání místa působení mechanického podnětu je umožněno somatotopickou organizací projekčních a kortikálních neuronů. Tzn. tělesný povrch je prostřednictvím specifických neuronálních spojů přesně, bod po bodu, zmapován do struktur centrálního nervového systému, které mají vztah k přenosu a zpracování somatosenzorických informací.

Schopnost přesné lokalizace podnětu, a zvláště pak dvoubodové diskriminace je dále zesilována mechanismem laterální inhibice. Přepojovací jádra somatosenzorických drah obsahují vedle projekčních neuronů i řadu interneuronů. Jejich prostřednictvím může receptorem aktivovaný projekční neuron vyvolat útlum aktivity sousedních projekčních buněk, které díky somatotopické organizaci snímají signál z čidel v bezprostředním okolí drážděného kožního receptoru. Tímto způsobem je aferentní signál ještě přesněji „zacílen“ do „mapy“ tělesného povrchu v centrálním nervovém systému. (Kralíček, 2011, s. 73)

Podobný mechanismus se odehrává i na úrovni CNS. Zdaleka ne všechny informace z periferních receptorů se dostávají do vědomí. Naopak většina z nich zůstává v úrovni podvědomí, odkud je CNS pečlivě třídí a vybírá tzv. relevantní informace. Nejznámější příklad je schopnost zaostřit na určitý objekt ve zrakovém poli. (Brodal, 1992, s. 111)

1.1.3 Centrální spoje somatosenzorického systému

Existují dva hlavní systémy ascendentních vláken, které vedou kožní cití do mozkové kůry. Některé učebnice přidávají ještě trigeminový systém, který přivádí somatosenzorické informace z přední části hlavy.

Vlákná pro jemné dotykové cití a propiocepci stoupají zadními míšními provazci, kde tvoří synapse v nucleus gracilis a nucleus cuneatus. Neuronů druhého řádu z nucleus gracilis a nucleus

caudatus se kříží ve střední čáře a stoupají mediálními lemnisky a končí v nucleus ventralis posterior thalami, čímž dosahují specifických senzoričkých thalamicčých jader. Tento ascendentní systém je často nazýván systémem zadních provazců nebo lemniskální systémem.

Ostatní vlákna pro dotyk a spolu s nimi vlákna přenášející pocity tepla a bolesti mají synapse v neuronech zadních rohů. Axony z těchto neuronů se kříží ve střední čáře a stoupají v anterolaterálním kvadrantu míchy, kde vytvářejí anterolaterální systém ascendentních vláken. Ostatní axony stoupají více dorzálně. Obecně je dotykové čítí spojováno s ventrální spinothalamickou dráhou, zatímco čítí bolesti a tepla je spojováno s laterální spinothalamickou dráhou. Něčterá vlákna z anterolaterálního systému končí ve specifických převodních jádrech thalamu, ostatní se projikují do thalamicčých jader střední linie a intralaminárních nespecifičkých projekčních jader. Je to hlavní vstup z anterolaterálního systému do mezencefalické retikulární formace. Senzoričkový podnět tak aktivuje retikulární aktivační systém, který poté udržuje mozkovou kůru v bdělém stavu. (Ganong, 2005, s. 141)

Senzoričké informace z přední části hlavy jsou přiváděny do centrálního nervového systému aferentními vlákny obsaženými v nervus trigeminus (n. V). Jde o axony pseudounipolárních neuronů, jejichž prokaryony leží v ganglion trigeminale Gasseri a nucleus tractus mesencephalici nervi trigemini. Vlákna mj. sbírají proprioceptivní informace z temporomandibulárního kloubu, žvýkacích, mimických a očnicových svalů. (Králíček, 2011, s. 80) Další popis trigeminové systému je pro účely této práce příliš složitý a nebude proto zmíněn.

Co se týče periferní inervace somatosenzoričkého systému, stejně jako motorické nervové vlákno inervuje určitý počet svalových vláken, má i pseudounipolární buňka určité rozvětvení, které je definováno jako senzoričká jednotka. Tato jednotka sbírá senzoričké informace z určité oblasti, která je nazývána senzoričké pole. (Brodal, 1992, s. 117)

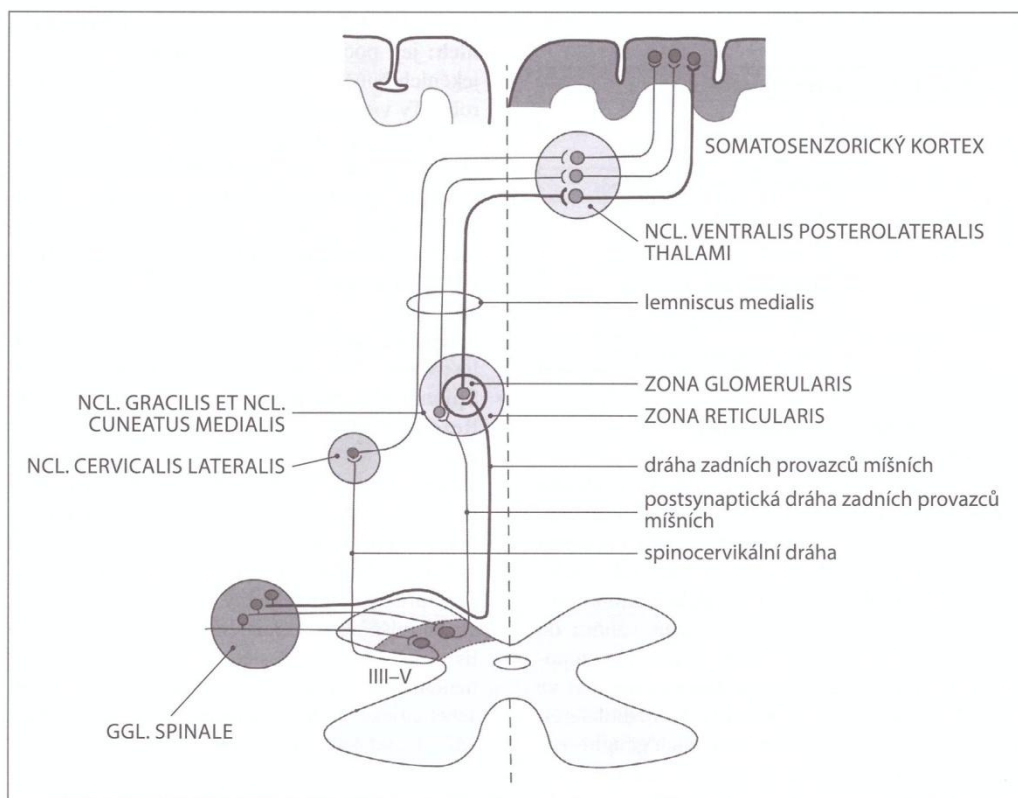
1.1.4 Přenos proprioceptivních informací

Přenos proprioceptivních informací do mozkové kůry se uskutečňuje prostřednictvím drah, které jsou rozdílné pro horní a dolní polovinu těla.

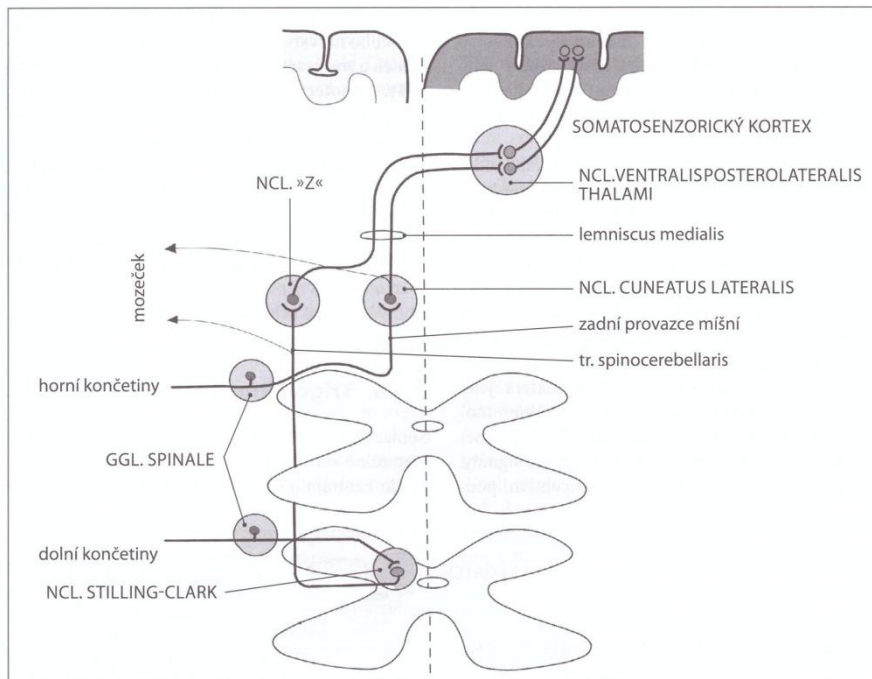
Počáteční úsek dráhy pro přenos propriocepce z horních končetin tvoří centrální oddíly axonů pseudounipolárních buněk spinálních ganglií. Neurity po vstupu do míchy obtáčejí zadní rohy míšni, pronikají do ipsilaterálních zadních míšních provazců, stoupají jimi vzhůru a synaptickými kontakty končí na buňkách ncl. cuneatus lateralis. Část axonů buněk tohoto jádra směřuje jako tr. cuneocerebellaris do kůry spinálního mozečku. Zbylá část postupuje stejným směrem jako dráha

zadních provazců míšních, tj. kříží střední rovinu a přidává se do soustavy vláken lemniscus medialis. S nimi přichází do ncl. ventralis posterolateralis thalami a po přepojení na thalamické neurony trakt pokračuje do somatosenzorické kůry.

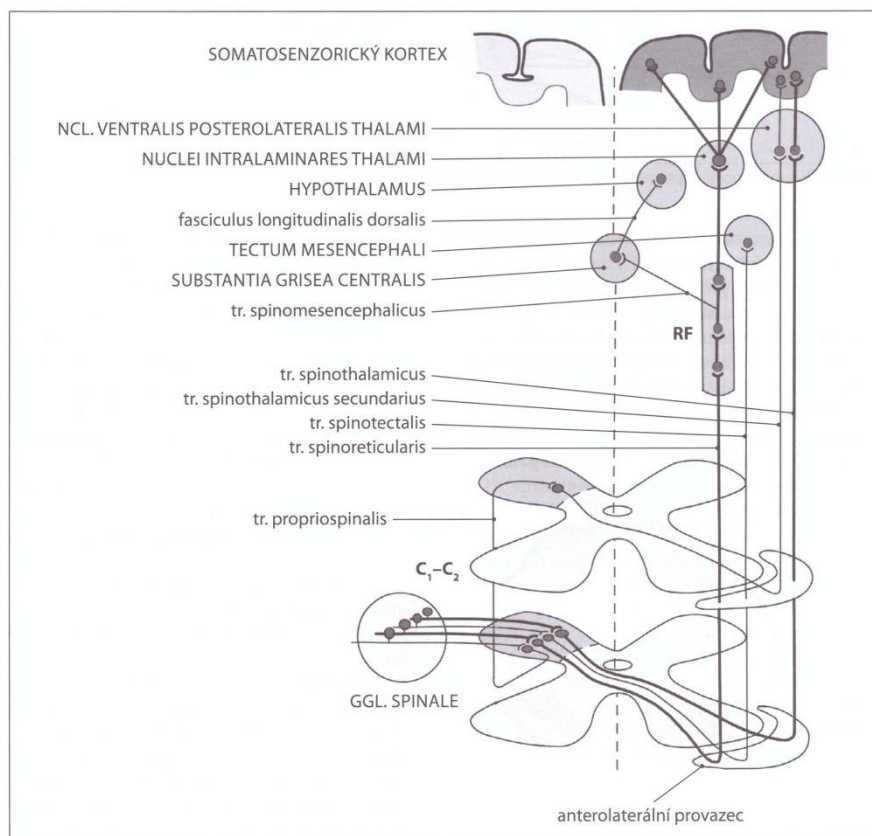
Počáteční oddíl pro přenos propriocepce z dolních končetin tvoří opět centrální úseky axonů pseudounipolárních buněk spinálních ganglií. Na rozdíl od předešlé dráhy se však neurity po vstupu do míchy stáčí do šedé hmoty ipsilaterálních zadních míšních rohů a končí zde synaptickými spoji na neuronech ncl. Stilling-Clark (VI. Rexedova zóna). Následující přenos zprostředkovává tr. spinocerebellaris dorsalis et ventralis. Obě dráhy leží v bočních provazcích míšních a jsou tvořeny axony neuronů zmíněného jádra. Po dosažení prodloužené míchy proniká část vláken do kůry spinálního mozečku, zbylá část axonů vstupuje do ncl. >>Z<<. Po přepojení na neurony tohoto jádra je další průběh cesty shodný s dráhou zadních provazců míšních (kontralaterální lemniscus medialis - ncl. ventralis posterolateralis thalami - somatosenzorický kortex). (Králíček, 2011, s.71)



Obr. 88. Přenos taktilního cití v lemniskálním systému drah



Obr. 89. Přenos proprioceptivních informací v lemniskálním systému drah



Obr. 91. Anterolaterální systém drah

Obr. 4,5,6 - Projekční dráhy somatosenzorického systému - převzato z: KRÁLÍČEK P., Úvod do speciální neurofyzologie, 2011

1.1.5 Somatosenzorická kůra

Korová projekční oblast somatosenzorického systému zahrnuje tři velké oddíly: přední parietální korovou oblast, zadní parietální korovou oblast a sekundární somatosenzorickou korovou oblast.

1. Přední parietální korová oblast je uložena v gyrus postcentralis a na mediální ploše hemisféry v zadním úseku lobulus paracentralis. Z cytoarchitektonického hlediska se dělí na čtyři Brodmanova pole - 3a, 3b, 1 a 2. První dvě pole - 3a a 3b - představují z funkčního hlediska primární somatosenzorickou kůru, tj. strukturu, která dekoduje somatosenzorické informace a přeměňuje je v nejjednodušší smyslový vjem, zvaný počitek. Obě pole dekodují rozdílné modalitní informace. Oblast 3a zpracovává signály přicházející z proprioreceptorů, pole 3b z taktilních receptorů.

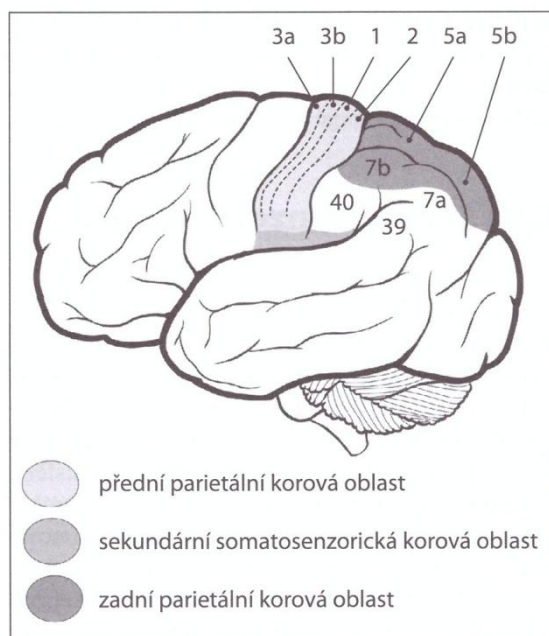
Terminály projekčních drah jsou charakteristicky somatotopicky uspořádány, podobně jako v jednotlivých přepojovacích jádrech somatosenzorických drah. Výsledkem je zmapování jednotlivých partií tělesného povrchu do kůry postcentrálního a paracentrálního gyru.

Platí, že plocha projekčního pole závisí na hustotě somatosenzorických receptorů odpovídající tělesné partie. Čím větší množství těchto čidel obsahuje, tím větší je i její korová reprezentace. Největší korovou reprezentaci proto zaujímají okrsky pro jazyk, bříška prstů ruky a rty. Nejmenší naopak okrsky pro záda a chodidla.

Primární senzorkou kůru lze rozdělit na oblast unimodální asociační a multimodální asociační. První integruje aferentní informace právě jedné modality. Například vizuální asociační kůra integruje informace o tvaru, barvě, pohybu. Tyto informace přicházejí do mozkové kůry prostřednictvím odlišných drah. Multimodální asociační oblast integruje informace o více než jedné modalitě. Tato část odesílá informace do primární motorické kůry, ve které se na základě těchto informací vytváří plán pohybu. (Kandel et al., 2000)

2. Zadní parietální korová oblast se nalézá zhruba v oblasti lobulus parietalis superior et inferior. Z hlediska cytoarchitektonického zahrnuje Brodmanova pole 5a, 5b, 7a, 7b, 39 a 40. Pokud jde o funkci somatosenzorického oddílu zadní parietální korové oblasti, soudí se, že je analogická funkci její kaudální části, která má vztah ke zrakovému systému. Předpokládá se tedy, že ve spolupráci s motivačními centry v limbickém systému generuje takový vzorec chování, který směřuje pozornost organismu na somatosenzorický podnět, působící na povrch těla.

3. Sekundární somatosenzorická korová oblast se nachází v parietálním laloku na horním valu sulcus lateralis. Předpokládá se, že má vztah k taktilnímu učení a paměti, neboť její experimentální léze u opic způsobuje neschopnost zvířat naučit se rozpoznávat předměty hmatem. (Králíček, 2011, s. 81)



Obr. 93. Korové projekční oblasti somatosenzorického systému

Obr. 7 - Somatosenzorická kůra - převzato z: KRÁLÍČEK P., Úvod do speciální neurofyziologie, 2011

1.1.6 Spinální mozeček

Součástí somatosenzorického systému je také spinální část mozečku, která dostává jakousi kopii povelových vzorců, které motorická kůra vysílá během realizace pohybu k motoneuronům. Tuto informaci spinální mozeček porovnává se skutečným stavem pohybu příslušné tělesné partie. Pokud se tato část nepohybuje podle "úmyslů" kortexu, mozeček detekuje vzniklou diskrepanci a zásahem do aktivity neuronů sestupných motorických drah upraví vzniklý rozdíl. (Králíček, 2011, s. 113)

1.1.7 Korová plasticita

Je jasné, že extenzivní neuronální spojení popsaná v předchozích odstavcích nejsou vrozená a nezměnitelná, ale přinejmenším v korových oblastech, mohou být relativně rychle změněna zkušeností, a tím odráží používání reprezentované oblasti. Například jestliže je opici amputován prst, korová reprezentace sousedních prstů se rozšíří do korové oblasti, která byla nejprve určena pro reprezentaci amputovaného prstu. Naproti tomu, jestliže je korová oblast reprezentující prst

odstraněna, somatosenzorická mapa prstů se přesune do okolní mozkové kůry. (Ganong, 2005, s. 143)

Spojení mezi nervovými buňkami nemusí být stejné u všech jednotlivců. Toto spojení může být změněno aktivitou či procesem učení. (Kandel et al., 2000)

1.1.8 Patofyziologie somatosenzorického systému

Vnímání taktilního čítí a propiocepce je nejvíce postiženo lézí přední parietální korové oblasti. Při použití kritérií k posuzování taktilní citlivosti můžeme konkrétně pozorovat následující defekty:

- a) zvyšuje se prahový tlak nutný k detekci taktilního podnětu;
- b) zvyšuje se prostorový práh při testování dvoubodové diskriminace;
- c) nemocný nedokáže přesně lokalizovat taktilní podnět na svém těle - tento příznak označujeme jako autotopagnózie;
- d) nemocný nedokáže rozpoznat předmět hmatem - tento stav nazýváme astereognózie;
- e) zhoršuje se vnímání pohybu a pozice jednotlivých končetinových segmentů. (Králíček 2011, s. 84)

Na kvalitě somatosenzorického systému se odráží věk (Franco et al., 2015), hmotnost, teplota kůže, aktuální zdravotní stav, svalová únava a existují také pohlavní rozdíly. (Han et al., 2015)

Prakticky všechny modalitý čítí jsou s přibývajícím věkem hůře detekovatelné, nejvíce především vibrační čítí. Co se týče anatomie, projeví se stárnutí nejvíce na dolních končetinách, nejvíce na chodidlech. (Rooper et al., 2014)

1.2 Funkční specializace mozkových hemisfér

U většiny populace jsou řečové funkce kontrolovány levou hemisférou mozku, zatímco odpovídající oblasti pravé hemisféry umožňují vnímání a interpretaci neverbálních jevů, takových jako je hudba, emoce nebo jako jsou složité, těžko slovy popsateľné vizuální vzorce, například tváře lidí. Levá, řečová hemisféra se dříve označovala jako dominantní. Dnes se od tohoto názvu upouští, neboť budí dojem, že tato hemisféra kontroluje aktivitu druhé, pro což však neexistují žádné přesvědčivé důkazy. (Králíček, 2011, s. 154)

Je zřejmé, že druhá hemisféra není méně vyvinuta, tj. není „nedominantní“, ale je specializovaná na zpracování složitých prostoročasových vztahů. Je to hemisféra, která např. umožňuje rozpoznávat obličeje, identifikovat předměty podle tvaru nebo poznat melodii hudby. Proto je původní pojetí „mozkové dominance“ a dominantní a nedominantní hemisféry postupně nahrazováno představou o doplňující se specializaci obou hemisfér; jedné pro analýzu sériových procesů (kategorická hemisféra) a druhé pro zpracování prostorových vztahů (reprezentační hemisféra). (Ganong, 2005, s. 279)

Lateralizace se také netýká pouze řečových center, ale i jiných. Doporučuje se proto používat názvu specializace hemisfér s uvedením příslušné funkce. Jazyková specializace levé hemisféry u většiny populace úzce koreluje s preferenčním používáním pravé ruky. U leváků je situace složitější. U nich mohou být verbální mechanismy lokalizovány opět v levé hemisféře, ale i v pravé, nebo dokonce v obou hemisférách. (Králíček, 2011, s. 154)

Až 98% praváků má řečové centrum vlevo, 60-70% leváků má řečové centrum opět vlevo, 20-30% vpravo a 10% oboustranně. Asi 90% lidí je praváků, z toho však jen 60% je jasně vyhraněných praváků, kdežto u 30% je smíšená dominance. Pouze asi 10% lidí je čistých leváků. (Ambler, 2011, s. 70)

Specializace hemisfér má vztah k „rukovosti“, tj. praváctví a leváctví. Zdá se, že preference při používání končetin je geneticky určená. U 96% praváků (kteří tvoří asi 91% populace) je dominantní neboli kategorická levá hemisféra, u zbývajících 4% praváků je dominantní hemisféra pravá. U 15% leváků je kategorická hemisféra pravá a u 15% není lateralizace hemisfér vyznačena. U zbývajících 70% leváků je však kategorická hemisféra rovněž levá. Je zajímavé, že potíže s učením, jako je například dyslexie (zhoršená schopnost naučení se číst) je 12krát častější u leváků než u praváků. (Ganong, 2005, s. 280)

Funkční asymetrie obou hemisfér odpovídá i prokazatelná asymetrie morfologická. Nejnápadnější rozdíl se pozoruje na tzv. planum temporale, které je vidět na horní ploše temporálního laloku po odříznutí horní části hemisféry v rovině fissura Sylvii. Zadní část planum temporale, kterou je možné považovat za součást Wernickeho pole, je v levé hemisféře podstatně větší než v pravé. (Králíček, 2011, s. 154)

Poškození reprezentační hemisféry působí astereognozií, tj. ztrátu schopnosti rozpoznat předměty hmatem, a jiné typy agnozie. Agnozie je obecný termín pro ztrátu schopnosti rozeznávat předměty určitou modalitou čítí, přestože vlastní čidlo a příslušná dráha dané modality jsou neporušeny. (Ganong, 2005, s. 279)

Mozková dominance zasahuje také do motorické kůry. Pomocí zobrazovacích technik bylo zjištěno, že pohyb prsty levé ruky je spojen převážně s aktivací pravé motorické kůry a naopak. Pohyby prstů levé ruky však také aktivují levou motorickou kůru, zvláště u praváků. To koreluje s tím, že léze levé motorické kůry způsobují motorickou dysfunkci nejen levé ruky, ale též ruky pravé, kdežto léze pravé motorické kůry mají pouze malý účinek na pravou ruku. (Ganong, 2005, s. 212)

1.2.1 Plasticita motorické kůry

Pozoruhodným objevem je to, že u intaktních experimentálních zvířat i lidí má motorická kůra stejnou plasticitu jako kůra senzorická. Takže například oblast prstů v kontralaterální motorické kůře se zvětšuje s tím, jak se jedinec učí vzorci rychlých pohybů prstů jedné ruky. Tato změna je detekovatelná během jednoho týdne a maximální je po čtyřech týdnech. Korové oblasti, z nichž vycházejí spoje pro jiné svaly, se při motorickém učení, při kterém jsou tyto svaly zapojeny, také zvětšují. Je-li u opic vyvolána malá ohnisková ischemická léze v oblasti reprezentace ruky v motorické kůře, vytváří se tato oblast ruky znovu v sousední nezasazené oblasti kůry. Mapy motorické kůry nejsou tedy neměnné a mění se zkušeností. (Ganong, 2005, s. 212)

1.3 Lateralita

S jevem laterality se lze nepochybně setkat už na úsvitu kulturního vývoje lidstva a stranová asymetrie ve stavbě těla, resp. zapojování jeho párových orgánů a struktur do různých funkcí jsou obecně známy. (Vařeka et Šiška, 2005)

Avšak i vlivem antických ideálů, které považují symetrii za atribut krásy a krása je spojována se zdravím, je i mezi odborníky ve velké míře zachováván negativní postoj k asymetrii. (Vařeka, 2001)

Asymetrie může být posuzována z mnoha hledisek: morfologická, funkční, dynamická, senzorická a psychologická. (Ilnicka et al., 2013)

Broca v roce 1865 jako první použil pojem „lateralita“ pro popis rozdílné funkční organizace mozkových hemisfér ve vztahu k řeči. (Sadeghi et al., 2000)

Podle Měkoty (1984) se lateralita projevuje laterální preferencí a laterální dominancí. Laterální preference je přednostní (ale ne výhradní) volba a užívání párového orgánu či struktury pro určitou funkci.

Laterální dominance se dále dělí na dvě části:

a) převládnutí jedné činnosti (funkce) jednoho párového orgánu či struktury při současném vykonávání různých činností;

b) stranově rozdílná výkonnost pro stejnou činnost (funkci). (Měkota, 1984)

Vařeka (2005) dále uvádí dvojí možné dělení laterality.

První dělení, tzv. kategorie laterality, je vztaženo ke stranové preferenci. Rozlišuje tzv. dextrii, sinistrii a ambilateralitu.

Dále rozděluje druhy laterality. Zde není souhrnné pojítka mezi jednotlivými pojmy, přesto je důležité je zmínit:

a) rukovost (něm. Händigkeit, ang. handedness) - pravorukost, levorukost, obourukost;

b) nohovost (něm. Beinigkeit, ang. footedness);

c) zrakovost (něm. Augigkeit, ang. eyedness);

d) točivost - preferovaný či dominantní směr rotace kolem dlouhé osy těla (např. skoky v krasobruslení);

e) zatačivost - odchylka od přímého směru lokomoce (chůze, plavání, při vyloučení zrakové kontroly;

f) zkřížená lateralita - různé kategorie pro různé druhy laterality u téhož jedince

Toto třídění je jen velmi hrubý náčrt, který každá vědní disciplína užívá po svém. Například biologové rozlišují pojmy „hand preference“ a „handedness“, byť se tyto pojmy zdají být stejné. Jak uvádí autor, je nutné zvolit nejprve přísná kritéria a testy na základě kterých bude lateralita posuzována. (Vařeka, 2005)

V případě zkřížené laterality nejsou u téhož jedince stranově shodné např. preferovaná ruka a noha. Jak uvádí Vařeka (2005) v názorech na význam tohoto jevu není jednota. Vzhledem k výraznému vlivu tlaku „pravorukého“ okolí se objevují názory, že „nohovitost“ je vhodnějším prediktorem cerebrální lateralizace.

Brodal (1992) zmiňuje tzv. sluchovou dominanci, a sice, že každý člověk má jednu stranu „silnější“ v odezírání sluchových vjemů. Tato dominance úzce koreluje s dominancí řečovou, většina lidí má tedy dominantní pravé ucho.

Sluchovou dominanci si lze ověřit jednoduchým testem, kdy je z obou stran v jeden okamžik vysloveno stejné slovo, testovaný má poté udat stranu, ze které zvuk přicházel. Většinou testovaný jedinec určí dominantní stranu, přičemž zvukový vjem z nedominantní strany si často ani neuvědomuje. (Brodal, 1992, s. 421)

Jak dále uvádí Vařeka (2005) na základě množství vědeckých prací, nelze označit lateralitu za výlučnou vlastnost člověka, byť je v některých zdrojích takto interpretována. Jak je patrné, lateralita se objevuje např. u opic, koček, myší, kytovců, ptáků a dokonce ryb. Asymetrie mozkových funkcí je pouze kvantitativní, nikoli kvalitativní rozdíl mezi člověkem a ostatními živočichy. (Vařeka, 2005)

1.3.1 Vznik a vývoj laterality

1.3.1.1 Vznik laterality

Existuje řada hypotéz, které se snaží vysvětlit příčinu vzniku laterality, některé z nich velmi zajímavé, žádná však nebyla uspokojivě potvrzena. Základní otázkou je, zda je lateralita způsobena genetickými vlivy či zda je to následek pozdějších procesů během vývoje jedince. Studie Baileyho a McKeevera (2004) zjišťovala, zda „levorukost“ nesouvisí se stresem během těhotenství a porodu.

Jediný a navíc velmi slabý vztah měla „levorukost“ a vysoký věk matky. (Bailey et McKeever, 2004)

Podobně uvažovali Glover et al. (2004), kteří vyšli z předpokladu, že prenatální stres je spojen se změnami lateralit u potomků a zjistili, že skutečně existuje jistá spojitost s matčinou anxiétou před porodem a fetálním programováním. (Glover et al., 2004)

Gutwinski et al. (2011) dodávají, že existují studie, podle kterých měli leváci nižší APGAR score, stejně jako nízkou porodní hmotnost (Gutwinski et al., 2011)

Existují studie, podle kterých se lze domnívat, že stranová preference začíná již v období prenatálním. Fetus totiž častěji cucá palec pravé ruky, pohybuje pravou horní končetinou a častěji otáčí hlavu vpravo. (Gutwinski et al., 2011)

1.3.1.2 Vývoj lateralit

Ve vývojové kineziologii je znám zásadní rozdíl mezi tzv. prvotní (neřízenou, spontánní) asymetrií v období prvního trimestru a tzv. druhotnou (řízenou, organizovanou) asymetrií následující po dosažení modelu třetího měsíce. Prvotní asymetrie je dána neschopností novorozence zpevnit a napřímít osový orgán a zajistit tak optimální posturu pro cílené pohyby končetin a hlavy při lokomoci. V rámci modelu třetího měsíce dítě dosáhne napřímění a zpevnění trupu a centraci kořenových kloubů končetin při víceméně symetrickém držení. Zvládnutí schopnosti cíleně měnit tuhost spojení segmentů tvořících trup a končetiny mu umožní cíleně měnit nastavení postury, zaujmout tzv. atitudu odpovídající konkrétnímu cílenému pohybu. Tato atituda je již v naprosté většině případů asymetrická (např. šikmý sed).

Není jednota v názorech, jak dalece jsou „geneticky zakódovány“ pohybové programy, které dítě během prvních dnů, týdnů a měsíců života postupně zvládá.

Jedna strana tvrdí, že CNS disponuje geneticky fixovaným centrálním programem, který se stává aktivní v době, kdy se konstantně objeví orientační mechanismy (ve čtyřech až šesti týdnech života). V této době uzrává schopnost optické fixace a dítě začíná používat hlavu k orientaci. Potřebuje cílenou motoriku. Automaticky se proto objevuje vzorec motorického chování (držení těla), který tuto funkci umožňuje. (Kolář, 1998)

Vojta et Peters (2010) dodávají, že kineziologické obsahy reflexní lokomoce jsou k dispozici v CNS, jsou vrozené a existují nezávisle na věku. Jsou naprogramovány v CNS každého člověka a čekají na vyvolání. (Vojta et Peters, 2010) I zde se tedy jedná o geneticky podmíněný motorický program.

Jiní autoři se však domnívají, že v tomto ohledu je mozek novorozence spíše „tabula rasa“. Dítě se rodí pouze s velmi jednoduchými pohybovými vzory, na kterých si v kontaktu s okolím buduje svoji motoriku metodou pokus-omyl. (Vařeka, 2000)

Podobně jako „zjišťuje“, že pro cílený pohyb je zapotřebí zaujmout konkrétní posturu, tak i „zjišťuje“, že je výhodnější opakovaně preferovat jednu končetinu pro určitou činnost, zatímco druhá je zapojena např. při zajištění stability. Jakmile řídicí systém (CNS) pokusem zjistí výhodnější způsob rozdělení úloh, začne jej opakovaně používat a toto rozdělení se dále fixuje. Zvýrazňuje se tak i strukturální asymetrie podle pravidla „funkce tvoří orgán“. (Vařeka, 2001)

Lateralita se vyvíjí a stabilizuje postupně. Podle Quadfasela (in Vařeka, 2001) se převaha jedné ruky projeví kolem 7. měsíce a stabilizuje se ve 2 letech, zatímco parciální ambidextrie může trvat až do 6 let. V případě rukovosti se výrazně projevuje tlak pravorukého okolí. V euroamerickém kulturním okruhu již v současnosti tento tlak není tak cílený, spíše setrvačný, přesto nezanedbatelný. Kulturní a náboženské vlivy mohou být někdy dosti zásadní - např. muslimové důsledně rozlišují ruku určenou pro manipulaci s jídlem a ruku určenou k vykonávání osobní hygieny. (Vařeka, 2001)

1.3.2 Lateralita při zajištění posturálních a dalších motorických funkcí

U chůze nejsou za fyziologických podmínek stranové rozdíly klinicky výrazné a většinou jsou prokazatelné pouze pomocí přístrojového vyšetření. Ve stoji jsou však zcela zřejmé, a to především v případě tzv. atitudy, což je postura nastavená tak, aby umožnila zahájení a provedení cíleného pohybu. Přitom je zřejmá preference jedné dolní končetiny pro cílený pohyb nebo činnosti, zatímco druhá dolní končetina zajišťuje stabilní stoj, tedy posturu umožňující plánovaný pohyb. V této souvislosti není možné mluvit o více či méně důležité končetině nebo funkci, protože základní podmínkou optimálního provedení pohybu je zajištění optimální postury. Bez optimální funkce stejné dolní končetiny není možné provést optimální pohyb volnou dolní končetinou. Pokud je např. pravá dolní končetina při vykonávání určitého pohybu dominantní (ve smyslu lepšího výkonu), pak je to pravděpodobně dáno mimo jiné i tím, že jí levá dolní končetina zajistí lepší posturu (atitudu), než je schopna zajistit pravá dolní končetina pro vykonání pohybu levou dolní končetinou. Je pravděpodobné, že pokud budou mít obě dolní končetiny stejné podmínky ve smyslu zajištění stejné kvalitní postury, např. v sedu nebo lehu na zádech, bude dominance mnohem méně výrazná a

bude dána především „zručností“ získanou dřívější opakovanou preferencí jedné končetiny. (Vařeka, 2005)

1.3.3 Lateralita horních končetin

Na kolísání údajů o výskytu praváctví a leváctví se podílí různá metodika testování, třídění do kategorií a podkategorií i nejednotnost terminologie. Přesto panuje určitá shoda a je také možné sledovat určité tendence.

Převážná část populace všech současných i dřívějších známých civilizací (resp. lidských společenstev) je a byla pravoruká. Výskyt levorukosti v populaci je udáván v rozmezí 1-5%. Je zřejmé, že více leváků a ambidextrů je mezi muži a dětmi, výrazně vyšší je jejich výskyt mezi sportovci. U ostatních druhů lateralit jsou poměry více vyrovnané. (Vařeka, 2001)

Podle dalších údajů je levorukost zastoupena v populaci od 5 do 25,9%, častěji u mužů než u žen. (Gutwinski et al., 2011)

1.3.3.1 Vznik a vývoj laterality na horních končetinách

Archeologické a paleontologické nálezy zcela jasně dokazují, že levorukost provází civilizaci od jejího počátku. Dokazují to např. zbraně, pracovní nástroje, i nesčetné jeskynní malby, které byly vytvořeny a užívány leváky. (Gutwinski et al., 2011)

V rámci hypotéz, které se opírají o genetické vysvětlení laterality, resp. „rukovosti“ je nutné uvést studii, která byla prováděna na adoptovaných dětech. Tyto děti vykazovali daleko větší podobnost se svými biologickými rodiči, než s adoptivními. To dokazuje, že sociální a výchovný vliv je ve volbě preferované ruky zanedbatelný. (Saudino et McManus, 1998; McMannus et al., 2014)

Ooki (2014) se zaměřil ve své práci na souhrn dat o lateralitě u dvojčat. V první řadě zmiňuje, že byť je testování dvojčat velmi důležité pro jejich genetickou podobnost, metodika těchto prací často naráží na úskalí v podobě velikosti vzorku, nesprávné klasifikaci dvojčat, nedostatečné prenatální a porodní anamnézy apod. (Ooki, 2014)

Navzdory všem těmto úskalím, téměř všechny studie poukazují na trend, že levorukost se častěji vyskytuje u dvojčat. (Vuoksima et al., 2009)

Někteří autoři hovoří v případě dvojčat o tzv. fyziologické a patologické levorukosti. Patologická levorukost může v tomto případě vycházet z podstaty, že v perinatálním období se plody navzájem omezují. Pro toto tvrzení však nejsou dostatečné důkazy. (Gurd et al., 2013)

Gutwinski et al. (2011) se pozastavují nad tím, že v přírodě, jsou-li k dispozici dvě varianty něčeho, je většinou rozložení blíží se poměru 50:50. Na druhou stranu existuje-li jedna variace jako více rozvinutá než druhá, méně rozvinutá je postupně vytlačována, což může vést až k jejímu úplnému vymizení. (Gutwinski et al., 2011)

1.3.3.2 Lateralita ve sportu

Větší zastoupení leváků je mezi sportovci. Je to nejen pro jejich větší manuální šikovnost, díky které jsou schopni dosáhnout lepšího výkonu, ale rovněž hraje důležitou roli tzv. faktor překvapení. Nejvíce je poznat ve sportech „1 na 1“, kdy pravoruký soupeř může být poněkud zneklidněn ve svém výkonu proti levorukému soupeři. Nejčastěji je tato výhoda vidět v tenise, boxu a judu. (Voracek, et al., 2006; Gutwinski et al., 2011)

Přestože se většina autorů shoduje nad tím, že zastoupení levorukých sportovců je procentuelně vyšší než v běžné společnosti, upozorňují na některé zavádějící informace, vyplývající ze studií na sportovcích. Loffing et al. (2014) například ve své rešerši upozorňují na velké množství sportů, u nichž definice preferované ruky může být sporná. Jako příklad uvádějí baseball, lední hokej, box nebo MMA, tedy sporty u nichž sportovec v plné míře užívá obě končetiny.

Jako příklad lze uvést amerického boxera Joe Frazier, který je sice považován za praváka (v boxu označován „orthodox“), avšak při zápasech používal pravou ruku k úderu jen velmi zřídka. (Thriller in Manila, dokument, 2008)

Podobných výsledků dosáhla studie Staniszewskiho et al. (2016), která se zaměřila na snowboardisty. Srovnávala stranovou preferenci jak na horních, tak dolních končetinách a k tomu ještě preferenci směru jízdy na snowboardu. Prvotní úvaha dávala do roviny preferovanou dolní končetinu s „vedoucí“ dolní končetinou na snowboardu, avšak tuto hypotézu se nepodařilo potvrdit. Téměř 90% účastníků výzkumu bylo po vyšetření označeno za pravoruké a pravonohé, avšak pouhých 68% si zvolilo pravou DK za „vedoucí“ končetinu při jízdě na snowboardu. (Staniszewski et al., 2016)

Loffing et al. (2014) zkoumali soubor 903 sportovců za účelem srovnání sportovní stranové preference a „rukovosti“. Kromě zjištění, že mnoho autorů užívá ve svých dotaznících zavádějící terminologii (pojem "rukovost" či laterální preference lze užít pouze u sportů, kde se skutečně užívá

pouze jedna končetina, u tzv. bimanuálních sportů je tato terminologie zavádějící), autoři dospěli k závěru, že vztah mezi laterální preferencí ve sportu a „rukovostí“ je vysoce variabilní.

Jedním z příkladů ne vždy fungujícího vztahu může být španělský tenista Rafael Nadal, který drží tenisovou raketu v levé ruce, avšak píše pravou. (Loffing et al., 2014)

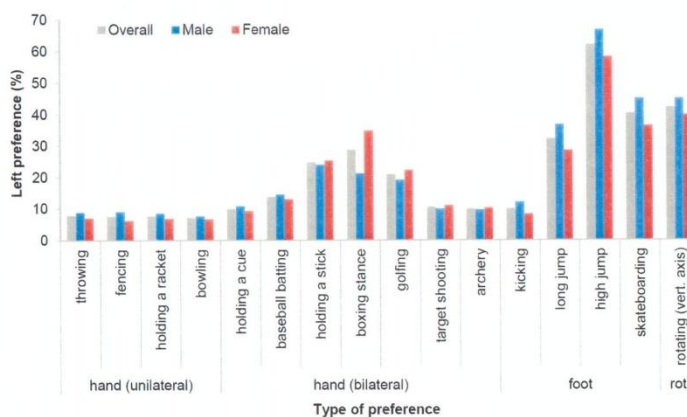


Figure 1. Left preferences for sport-specific tasks overall and differentiated by sex. doi:10.1371/journal.pone.0105800.g001

Obr. 8 - Zastoupení leváků ve sportu - převzato z: LOFFING, F et al., Left Preference for Sport Tasks Does Not Necessarily Indicate Left-Handedness: Sport-Specific Lateral Preferences, Relationship with Handedness and Implications for Laterality Research in Behavioural Sciences, 2014

1.3.3.3 Rukovost vs. Nohovost

Pokud jde o vztah mezi „rukovostí“ a „nohovostí“, je preference pravé ruky nejčastěji spojena s preferencí pravé nohy, kdežto preference levé ruky je častěji spojena s buď obou nohou preferencí nebo preferencí pravé nohy. (Gutwinski et al., 2011)

Chceme-li porovnat lateralitu na horních končetinách s lateralitou na dolních končetinách, je nutné vzít v potaz kulturní a sociální zvyky v dané společnosti. To ukazuje například studie Kanga a Harrise (2000), která srovnávala výsledky preference ruky s preferencí nohy u vzorku korejských studentů. Jak autoři zmiňují, používání levé ruky pro psaní a jiné aktivity je v Koreji vážně omezováno. Díky tomu bylo výsledkem jejich studie, že 11% zkoumaných osob je levonohých, zatímco pouze 4,2% vykazovala preferenci levé ruky. (Kang et Harris, 2000)

Podobnou studii provedli Fagard a Dahmen (2004), kteří srovnávali vývoj laterality u členů dvou kultur lišících se mírou tlaku proti „levorukosti“ - u tuniských dětí, které jsou rodiči odrazovány od použití levé ruky u všech aktivit spojených s jídlem, a francouzských dětí, které

nejsou nikterak omezovány. Zjištěné rozdíly byly nejvýraznější v předškolním věku a postupně se zmenšovaly. (Fagard et Dahmen, 2004)

Kapreli et al. (2006) použili fMRI k zobrazení aktivity senzomotorické kůry během pohybu. Srovnávali pohyb horních a dolních končetin a dále pohyb dominantní a nedominantní končetinou. V prvním případě dospěli autoři k závěru, že pohyb horními končetinami je provázen větší lateralizací v mozkové aktivitě než při pohybu na končetinách dolních. Stejně tak našli rozdíl mezi dominantní DK, při které byla mozková aktivita více lateralizována, než v případě pohybu nedominantní DK, kdy se mozková aktivita jevila více bilaterálně. Autoři však spekulují nad příčinami těchto rozdílů, svou roli může hrát asymetrie v aferentní projekci, mechanické rozdíly při pohybech DKK, či určité chemické procesy související s facilitací či naopak inhibicí mozkové aktivity. (Kapreli et al., 2006)

1.4 Lateralita - dolní končetiny

Jedna z možných definic stranové preference dolních končetin je, že preferovaná DK je zodpovědná za manipulaci s předmětem či švihem, nepreferovaná DK je zodpovědná za stabilizační funkci. (Peters, 1988) Další autoři užívají zjednodušené dělení za pomoci slov mobilita a stabilita. (Sadeghi et al., 2000)

Avšak samotní autoři rozsáhlé literární review zmiňují, že toto dělení nelze přijmout v plném rozsahu, protože každá končetina musí plnit během krokového cyklu obě funkce. (Sadeghi et al., 2000) Tedy stejně jako u pojmu „mozkové dominance“ i zde se jedná spíše o specializaci a preferenci, než skutečnou dominanci jedné DK nad druhou.

Kromě rozdělení stranové preference je možné tuto asymetrii také kvantifikovat. Odborné studie používají nejrůznější indexy pro měření asymetrie či specifické statistické procedury. Většinou bývá asymetrie vyjádřena procentuální hodnotou. (Carpes et al., 2010)

Carpes et al. (2010) ve svém literárním review poukazují na fakt, že existuje 90% lidí s jasně vyhraněnou preferencí pravé ruky, avšak pouze 25-45% s jasně vyhraněnou preferencí pravé DK. Toto je, dle autorů, způsobeno vyššími nároky na mozkovou aktivitu při zapojení dolních končetin, než při zapojení končetin horních. (Carpes et al., 2010)

Určení preference dolní končetiny je rovněž často zkresleno druhem použitého motorického testu, resp. způsobem jaký je test vykonán. V lidské motorice rozlišujeme dva základní lokomoční vzory: kontralaterální a ipsilaterální. (Vojta et Peters, 2010; Kolář et al., 2009) Fakt, v jakém vzoru probíhá vyšetření stranové preference může ovlivnit výsledek. (Ilnicka et al., 2013)

V případě, že se k testování asymetrie dolních končetin užívá skok na jedné noze, je vhodné provést tento skok bez použití horních končetin (pomocný švih), který jednak podvědomě pomáhá zvýšit požadovaný výkon, ale zároveň zkresluje stranovou asymetrii. S vyloučením pohybu horních končetin se stranová asymetrie, a tedy stranová preference dolních končetin projeví snáze a výrazněji. (Kobayashi et al., 2013)

1.4.1 Závislost na věku

Gentry et Gabard (2001) se snažili na souboru více než 900 subjektů ozřejmit závislost stranové preference na věku. Jak zjistili, největší odklon k „pravonohovosti“ nastává mezi 4 až 8 lety, v 11 letech se stranová dominance DK ustálí a dále se nemění. Rozdíl ve vývoji stranové preference mezi pohlavími se zdá být zanedbatelný. (Gentry et Gabard, 2001)

Ve studii Šlachtové et al. (2011) jsou dva velmi zajímavé výsledky. Studie byla prováděna na dětech ve věku 4-6, které prováděly různé motorické úkoly (souhyby HKK, ruce v pěst), přičemž důraz byl kladen na rozlišení stojné, resp. odrazové dolní končetiny a kvality provedení motorických úkolů, ve vztahu ke zvolené končetině.

První zajímavostí je, že z celkového souboru 125 dětí volila vždy přibližně polovina dětí jako stojnou, resp. odrazovou levou DK a druhá polovina pravou DK. Jak totiž autoři zmiňují, významný posun od ambidextrie k pravonohovosti probíhá až v pozdním dětství.

Naproti tomu, studie prokázala signifikantní rozdíl v kvalitě provedení motorických úkolů při rozdílných stojných končetinách. U levé DK předvedly děti pohybové úkoly v optimálnějším provedení, naopak děti volící stojnou, resp. odrazovou pravou DK projeví horší pohybovou koordinaci. (Šlachtová et al., 2011)

1.4.2 Lateralita v chůzi

Podle Sadeghi et al. (2000) je velké množství studií, které užívají EMG pro vyšetření chůze, avšak jen minimální množství studií měří aktivitu obou DK. (Sadeghi et al., 2000)

Tyto studie ovšem prokazují asymetrii ve svalové aktivitě během chůze. (Ounpuu et Winter, 1989)

Podle Sadeghi et al. (2000) je asymetrické chování dolních končetin ověřeno na studiích, které se zabývaly délkou kroku, úhlem dopadu nohy na podložku, úhlem maximální flexe v kolenním kloubu i rozsahy pohybu ostatních kloubů na DK. Rosenrot et al. (1980) dodávají rozdílný časový průběh chůzového cyklu mezi oběma dolními končetinami. Některé studie rovněž ukazují silovou asymetrii, např. rozdíl v síle plantární a dorzální flexe. (Dambolt et al., 1978)

Dle Hirasawy (1981) je příčina asymetrie chůze ve funkční asymetrii dolních končetin. Podle něj, je jedna dolní končetina funkčně více zodpovědná za stabilitu a druhá více za pohyb vpřed, jinými slovy, jedna končetina hraje větší roli v opoře (stojná fáze) a druhá v pohybu (švihová fáze). (Hirasawa, 1981)

Matusaka et al. (1985) získali podobné poznatky ohledně větší medio-laterální stability levé dolní končetiny. I další autoři se shodují na dělení dolních končetin na propulzní a stabilizační DK. (Sadeghi et al., 2000)

1.4.3 Lateralita v běhu

Jak Carpes et al. (2010) vyzorovali, povrch po kterém atlet běží, stejně jako právě zvolená technika hrají velkou roli v symetrii, či spíše v asymetrii běhu. Tato asymetrie je však dočasná, omezená na dobu trvání výše zmíněných vlivů. (Vagenas et Hoshizaki, 1992)

Další studie zaměřená na běh prokázala signifikantní asymetrii v maximální síle a letové fázi ve prospěch dominantní DK. (Pappas et al., 2015) To navazuje na tvrzení Sadeghi et al. (1997), kteří považují za dominantní DK tu, která je schopna vyvinout větší sílu, naproti nedominantní, která je naopak schopná více energie absorbovat.

Čím je rychlost běhu vyšší, tím se zvyšuje jeho symetrie. (Cavagna, 2006) Tento fakt si autoři vysvětlují tak, že při vyšší rychlosti běhu se relativně snižuje zapojení aktivních svalových vláken oproti pasivním strukturám svalu. (Cavagna et al., 2008) Naopak u cyklistů má větší podíl na zvyšování symetrie zvýšená síla, resp. odpor pedálů. (Carpes, et al., 2007)

Vagenas et Hoshizaki (1992) zmiňují, že běhání v botách daleko více snižuje asymetrii DK oproti běhání naboso. (Vagenas et Hoshizaki, 1992) Novější poznatky uvádějí, že chůze v běžné běžecké obuvi oproti chůzi naboso redukuje zatížení kloubů DKK a snižuje úhlové momenty. (Yi Xu et al., 2017) Studie ovšem neuvádějí míru asymetrie mezi jednotlivými končetinami.

1.4.4 Lateralita v cyklistice

V případě cyklistů hovoří literatura o stranové asymetrii v zatížení pedálů od 5 do 20%. (Carpes et al., 2010) Největší asymetrie byla zjištěna při kombinaci relativně nízké síly (100 W) a vysoké kadence otáčení (100 otáček/min). Zde byla změřena asymetrie 21%. (Sanderson et al., 1991) Jiné studie však efekt zvyšujícího se počtu otáček zpochybňují. (Smak et al., 1999) Postupné zvyšování vyvíjené síly, resp. odporu pedálů vede k symetrizaci obou dolních končetin. (Carpes et al., 2007)

1.4.5 Lateralita z pohledu silových vlastností

McGrath et al. (2016) odkazují na odborné studie, podle nichž nelze jednoznačně říct, zda mezi dominantní a nedominantní dolní končetinou existuje rozdíl v silových a funkčních vlastnostech. Některé studie tuto asymetrii prokazují, jiné rozdíl nenacházejí. Autoři se domnívají, že tento rozdíl vychází mj. ze specifických neuromuskulárních nároků jednotlivých sportovních disciplín. (McGrath et al., 2016)

De Ruiter et al. (2010) ve své studii zpochybňují silovou asymetrii dolních končetin a užívání dynamometrického měření v rehabilitaci. Autoři věří, že daleko větší podíl na případně zjištěné asymetrii mají individuální anatomické a funkční parametry, které lze najít u každého jedince, avšak nelze mezi těmito rozdíly hledat souvislost a definovat tak signifikantní rozdíl mezi dominantní a nedominantní dolní končetinou. Při využití libovolného dynamometrického měření v rehabilitaci se tak nemusíme zabývat definováním dominantní DK. (de Ruiter et al., 2010)

Existují další studie, které se snaží ozřejmit rozdíl mezi dominantní a nedominantní dolní končetinou změřením jejich silových momentů, točivých momentů v kloubu a dalších fyzikálních veličin při skoku na jedné noze. (Kobayashi et al., 2013; de Ruiter et al., 2010) Tyto studie ovšem trpí nízkým počtem zkoumaných osob (vždy kolem 10 probandů). Sami autoři poukazují na tento fakt, jako jeden ze zkreslujících faktorů jejich výzkumu.

1.4.6 Lateralita z pohledu morfologie

Ilnicka et al. (2013) zaměřili svoji studii na morfologické rozdíly na noze. Na skupině 56 studentů srovnávali celkem 15 hodnot, které charakterizují morfologii nohy. Jisté souvislosti mezi lateralitou dolních končetin a morfologickým nálezem prokázala, celkově je však jejich nález zanedbatelný. (Ilnicka et al., 2013) Autoři později navázali se studií, ve které odmítli hypotézu, že laterální dominance dolní končetiny by korelovala s její větší svalovou silou, kterou autoři zjišťovali při dorziflexi a plantiflexi v hlezenním kloubu. (Trzaskoma et al., 2015)

1.4.7 Lateralita jako rizikový faktor vzniku zranění

O tom, zda je asymetrie dolních končetin jednou z příčin zvýšeného rizika zranění, neexistuje jasné stanovisko. Ruedl et al. (2012) sice uvádějí častější výskyt poranění předního zkříženého vazů v kolenu na nedominantní dolní končetině, avšak Negrete et al. (2007) nic podobného na souboru tří stovek probandů neprokázal.

I další autoři polemizují nad laterální dominancí jako spolufaktorem zvýšeného rizika zranění jako např. stresové zlomeniny tibie (Zitchock et al., 2006), avšak Bredeweg et al. (2013) se spíše přiklání k závěru, že nelze spolehlivě předpovědět riziko zranění pouze na základě vyšetření stranové preference dolních končetin.

Rozdílná síla dolních končetin zvyšuje riziko zranění a proto by měla být tato asymetrie odstraněna jak v rámci rehabilitace tak ve sportu jako součást primární prevence. (Hewit et al.,

2012) Někteří autoři se domnívají, že funkčně nedominantní dolní končetina vytváří ochranné mechanismy, díky kterým se riziko zranění snižuje. (Wenxin et al., 2011)

McGrath et al. (2016) zkoumali vztah mezi stranovou asymetrií dolních končetin a potenciálním rizikem zranění, či obnovení zranění. Ve svém literárním review dospěli k názoru, že každá sportovní disciplína vykazuje jistou míru asymetrie u zdravých jedinců. Tato míra asymetrie by měla sloužit jako norma, podle níž by se dali srovnávat jedinci, kteří utrpěli zranění pohybového aparátu. Ve studiích se nejčastěji sledují bezkontaktní poranění předního zkříženého vazy. (McGrath et al., 2016)

Index symetrie užitý ve studii Zifchocka et al. (2006) vykazoval stejnou hodnotu jak u běžců bez předchozího zranění, tak u běžců se zraněním v anamnéze. (Zifchock et al., 2006)

Stejná studie ovšem prokázala vyšší reakční sílu při dopadu u běžců se zraněním v anamnéze, avšak tato síla byla vyšší u obou DK končetin podobně, bez ohledu na to, která byla dříve zraněná. Proto je zřejmé, že hodnoty reakčních sil při dopadu nelze použít jako determinant potenciálního zranění. (Carpes et al., 2010)

V této kapitole ještě na doplňujeme závěr studii Kerstein et al. (1977), kteří tvrdí, že u pacientů, kterým byla amputována „nedominantní“ dolní končetina, probíhala rehabilitace rychleji, než u lidí, kterým byla amputována končetina „dominantní“. (Kerstein et al., 1977)

1.5 Vyšetřované modality

1.5.1 Somatognozie

Somatognozie představuje schopnost správné identifikace vlastního těla. Jedná se o vědomí těla, které určuje vztahy mezi osobou a prostředím. (Kolář et Lepšíková in Kolář, 2009, s. 91)

Somatognozie, resp. vnímání a rozpoznávání tělesného schématu, je souborem paměťových vzorců uložených v mozku, kde nejdůležitější roli pro tuto funkci mají parietální laloky. Somatognozie je dána informacemi z mnoha smyslů – propioceptivního, taktilního, zrakového, ale i vestibulárního a interoceptivního. Vývoj somatognozie je naprogramován geneticky, začíná již intrauterinně a pokračuje postnatálně. (Lepšíková, Čech, Kolář, 2013)

Výše zmíněnou definici použil již Tichý (2003), který tak definoval pojem tělesné schéma. Jak sám autor uvádí je tělesné schéma nadřazený pojem pro somatognozii, která vyjadřuje pojetí tělesného schématu u člověka. (Tichý, 2003)

Jako první definoval tělesné schéma neurolog Henry Head jako posturální model těla, který aktivně organizuje a modifikuje dojmy, vyvolané přichozími sensorickými impulzy takovým způsobem, že konečné vnímání polohy těla nebo lokality stoupá do vědomí nabitého se vztahem k něčemu, co se stalo dříve. (Head, 1920)

Některé zdroje pak přidávají pojem somatostezie, který je ovšem totožný s předešlými pojmy tělesného schéma a somatognozií. (Lepšíková et Kolář in Kolář, 2009, s. 251)

Lungo et al. (2010) ještě přidává další dva pojmy: somatopercepci a somatoprezentaci.

Somatopercepce se týká procesu vnímání samotného těla a zejména zajištění somatické percepční stálosti. Hlavní roli zde hrají tři klíčové elementy:

- a) „přemapování“ informací z povrchu těla do tzv. egocentrického referenčního rámce;
- b) exteroceptivní vnímání objektů ve vnějším světě prostřednictvím jejich kontaktu s tělem;
- c) interoceptivní percepce těla.

Somatoreprezentace se naopak týká v podstatě kognitivního procesu budování sémantických znalostí a postojů k tělu, včetně:

- a) lexikálně-sémantických poznatků o těle obecně a o těle vlastním;
- b) poznatky o struktuře těla;

c) emocí a postoje zaměřeného na vlastní tělo;

d) spojení mezi fyzickým a psychologickým "já". (Lungo et al., 2010)

Co se týče vývoje somatognozie, je nejlépe vystižena v práci Lepšíkové a Koláře (2013). V období prvního roku postnatálního vývoje se do tělesného schématu postupně dostávají jednotlivé části těla, a to v zákonité časové posloupnosti. Vývoj somatognostické funkce jde v souladu s vývojem funkcí motorických. Pokud je porušeno kožní a propioceptivní vnímání, není možný účelový pohyb. (Lepšíková et Kolář, 2013)

1.5.2 Stereognozie a grafestezie

1.5.2.1 Stereognozie

Schopnost identifikovat předměty podle hmatu bez pomoci zraku se nazývá stereognozie. Normální jedinci jsou schopni snadno rozeznat takové předměty, jako jsou klíče nebo mince různé hodnoty. (Ganong, 2005, s. 153)

Stereognostickou funkci lze také charakterizovat jako schopnost prostorového vnímání a kontaktu se zevním prostředím (bez pomoci zraku) ve vztahu k našemu tělesnému schématu. Schopnost kontaktně rozeznat okolí je základním předpokladem účelového pohybu. Bez této funkce neexistuje cílený pohyb, neboť je významně narušena funkce asociačních oblastí mozkové kůry. (Lepšíková et Kolář in Kolář, 2009, s. 92)

Véle (1997) udává, že pro vznik obratného pohybu je nutné podrobné zvládnutí prostoru, jak opticky, tak hmatem, ve kterém bude pohyb prováděn. (Véle, 1997)

Tato schopnost zřejmě závisí na relativně nepoškozeném dotykovém a tlakovém čítí, ale je změněna při poškození zadních míšních provazců. Poruchy stereognozie jsou časným příznakem poškození mozkové kůry a někdy se objevují při absenci jakéhokoliv zjistitelného defektu ve vnímání dotyku a tlaku, když jsou léze v temenním (parietálním) laloku lokalizovány posteriorně od postcentrálního gyru. (Ganong, 2005, s. 153)

Při vyšetřování stereognozie testujeme schopnost rozpoznat kvality určitého objektu (velikost, teplota, tvrdost, tvar, hmotnost) položeného na kůži (vloženého do ruky) s vyloučením zrakové kontroly. Při poruše tohoto čítí se rozlišuje stereoanestezie, kdy pacient nepozná vlastnosti předmětů pro poruchu funkce receptorů a primárních senzitivních drah, od astereognozie, při níž je porucha vnímána na kortikální úrovni. Ta je nejčastěji součástí neglect syndromu při postižení pravého parietálního laloku. (Kobesová in Kolář, 2009 s. 69)

Stejně jako u somatognozie je i vývoj stereognostických funkcí úzce spjat s vývojem funkcí motorických. To je vidět například u dítěte: dokud se nevytvoří stereognostické vnímání na ruce, lze u dítěte vybavit úchopový reflex ruky a není možná opěrná a úchopová funkce ruky (obdobné schéma platí i pro nohu). Úchopový reflex ruky mizí nejprve na ulnární straně, tam se také objevuje první – ulnární úchop ve věku 4,5 měsíce. Na radiální straně ruky vyhasíná úchopový reflex později, také radiální úchop a stereognozie ruky v této části se objevují až v období šestého měsíce. (Lepšíková et Kolář, 2013)

Porucha selektivní hybnosti s schopností relaxovat úzce souvisí s úrovní somatognozie a stereognozie. Dané funkce úzce korelují s představou o vlastním těle. Konkrétní obraz vlastního těla je u jednotlivců značně rozdílný. (Lepšíková et Kolář, 2013)

Vzhledem k faktu, že je tato diplomová práce zaměřena na vyšetření dolních končetin, kde se stereognozie v běžné klinické praxi nevyšetřuje, zdá se nám v tomto případě nejbližší vyšetření grafestezie, které do jisté míry splňuje definici stereognozie a v praxi se poměrně běžně užívá.

1.5.2.2 Grafestezie

Topognozie je schopnost rozpoznat taktilní, eventuelně bolestivé stimuly na kůži. Většinou se testuje jako grafestezie, tj. čtení čísel a písmen na kůži s určením směru pohybu. (Kobesová in Kolář, 2009 s. 69)

Světová, ale i tuzemská literatura je velmi chudá na práce, které by využívaly vyšetření grafestezie. Jak je možné vysledovat, je to mj. tím, že vyšetření grafestezie poměrně hojně využívají neuropsychologové, naproti tomu publikace z oboru rehabilitace chybí.

Pro vyšetření se nejčastěji užívá základní číselná řada (0-9) nebo jednoduchá písmena (Arnold et al., 2017), která lze napsat jedním souvislým tahem. Vyšetření je možné využít i v případě, kdy pacient není schopen verbální komunikace. V takovém případě svou odpověď může buď napsat nebo vybrat z předem připravených obrazců, které mu vyšetřující předkládá. (O'Sullivan et Schmitz, 2007)

Práce Mørche et al. (2010) využila k měření grafestezie číselnou řadu od 0 do 9, vyjma čísla 4, které nelze provést jedním souvislým tahem. Velikost, tvar a rychlost psaní čísla byla definována na základě předchozího vyšetření, při kterém autoři použili CO₂ laser. Délky čísel byly mezi 143-265 mm, přičemž oblast, na kterou čísla autoři „psali“, bylo předloktí a oblast břicha, kde byla čísla 2 krát větší. (Mørch et al., 2010)

1.5.3 Dvoubodová diskriminace

Dvoubodová diskriminace je schopnost rozpoznat dva současné taktilní podněty od jednoho.

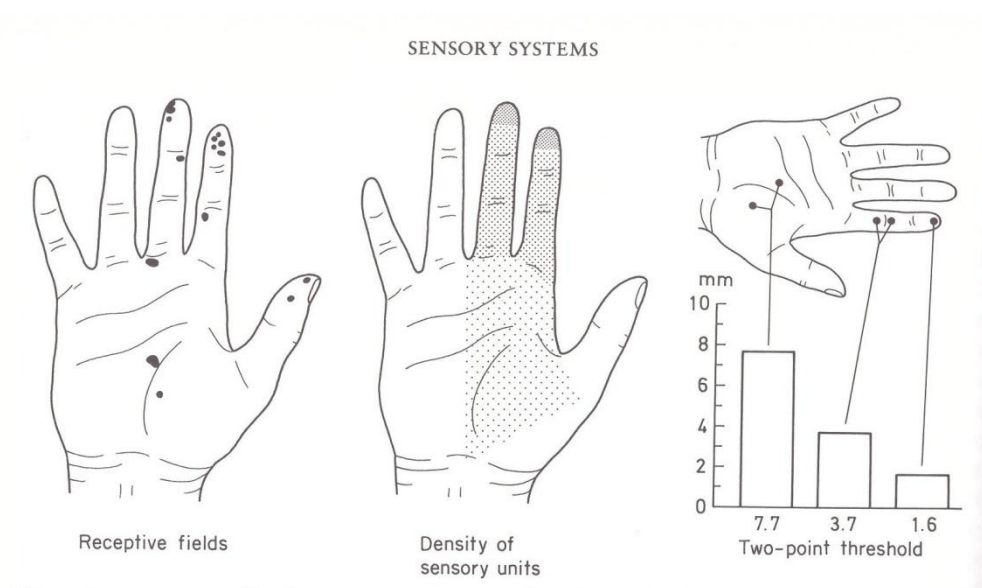
Poprvé byl prostorový práh dvoubodové diskriminace definován v roce 1934 Websterem jako „taková vzdálenost mezi body, při které jsou cítit dva různé kontakty“. (Cashin et McAuley, 2017)

K testování používáme Weberovo kružítko s dvěma tupými hroty. Oba hroty přikládáme na vyšetřované místo současně, jejich vzdálenost lze modifikovat. (Kobesová in Kolář, 2009 s. 69)

Minimální vzdálenost, která je potřebná, aby byly vnímány dva dotykové podněty, závisí na citlivosti dotyku a na korové složce, která umožňuje identifikaci jednoho nebo dvou podnětů. Jeho velikost kolísá podle místa tělesného povrchu a je nejmenší tam, kde je největší hustota dotykových receptorů. (Ganong, 2005, s. 153)

Nejmenší vzdálenost, kdy dva současné dotyky rozpoznáváme od jednoho, je velmi variabilní na různých částech těla, nejmenší je na jazyku (1 mm), rtech a konečcích prstů (3-5 mm), naopak na zádech je to fyziologicky několik centimetrů (4-7 cm). Dvoubodová diskriminace je vyšetření velmi náročné na pozornost pacienta, proto výsledky mohou být při opakovaných měřeních rozdílné. (Kobesová in Kolář, 2009 s. 69)

Kvalita taktilní diskriminace dvou bodů je úzce spjata s kožní percepcí nejbližšího okolního prostoru obklopující tělo. Schopnost kvalitního prostorového vnímání je proto základním předpokladem kvalitní pohybové, ale i posturální aktivity. (Čech, 2003).



Obr. 9 - Dvoubodová diskriminace - receptivní pole na ruce - převzato z BRODAL P., The Central Nervous System: Structure and Function, 1992

Periferní princip diskriminace dvou bodů však není zcela jasný a s přihlédnutím ke vzájemnému překrývání a prolínání sensorických jednotek je pravděpodobně komplexní. (Ganong, 2005, s. 153)

Prostorový práh se zvětšuje se snižující se ostrostí čítí, zároveň je závislý na centrálních somatosenzorických funkcích, zvláště na funkci primárního somatosenzorického kortexu. (Cashin et McAuley, 2017)

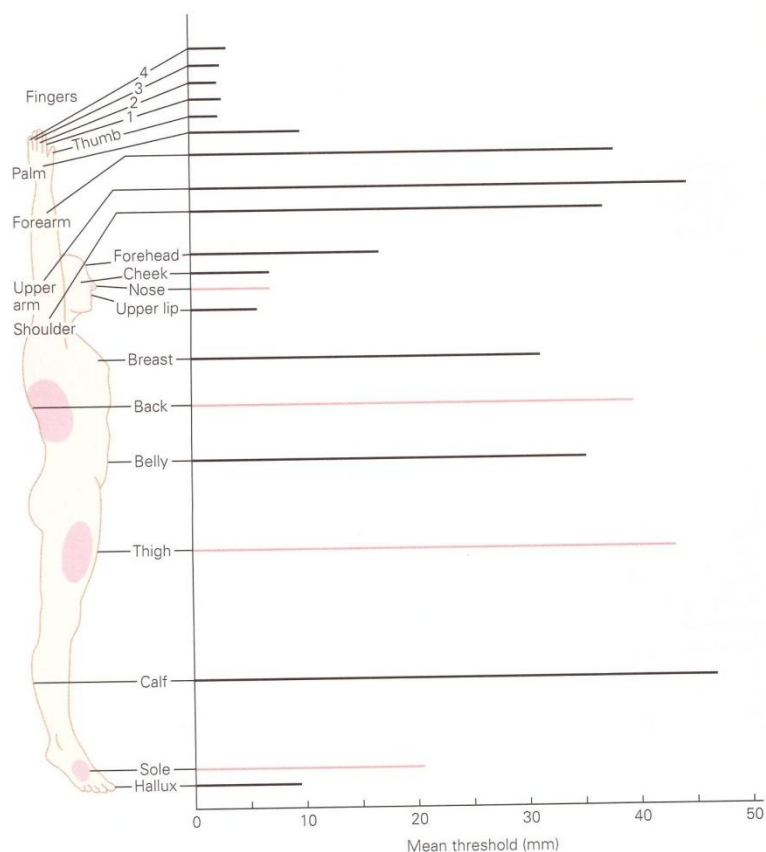
Jak uvádějí závěrečné práce Homolky (2008, 2010), česká literatura věnující se dvoubodové diskriminaci vychází z práce Čecha (2003), který navazuje na práci Koláře a Olšanské (1996). Homolka (2010) upozorňuje na nedostatečný popis metodiky měření dvoubodové diskriminace v odborné literatuře a také na velmi obtížné získání Weberova kružítko, proto se v odborné literatuře často vyskytují modifikace této pomůcky.

V práci Cashina a McAuleyho (2017) je k měření použit kaliper. Podle autorů je k měření vhodný (rozlišení od 1 do 150 mm), avšak jeho užití není nikterak standardizováno. Rovněž zmiňují vysokou spolehlivost měření (0,72-0,86), avšak i zde autoři čerpají z poměrně omezených literárních zdrojů. Nespornou výhodou je časová nenáročnost měření (dle autorů do 3 minut). (Cashin et McAuley, 2017)

Pro účely této diplomové práce se budeme blíže zabývat měřením dvoubodové diskriminace na dolních končetinách. Wikstrom a Allen (2016) se zaměřili na oblast planty. Jak zmiňují, existují odborné práce, které prokazují deficit taktilního čítí u nestability hlezna, po rekonstrukci předního zkříženého vazů a osteoartrózy na dolních končetinách. V své práci ověřili vysokou spolehlivost měření za použití kaliperu, když srovnali výsledky zkušených klinických pracovníků a „rychle zaškolených“ pracovníků bez předešlé zkušenosti. Dále se jim osvědčil tzv. „4-2-1 stepping algorithm“, čili postup měření při kterém postupně zmenšují zkracování či prodlužování vzdálenosti dvou bodů. (Wikstrom et Allen, 2016)

Vzhledem k faktu, že zkoumaná skupina se sestává ze sportovců, je zajímavé zmínit výsledky studie Hana et al. (2015), kteří porovnávali výsledky měření dvoubodové diskriminace před izometrickou kontrakcí a po ní, čímž získali obraz o tom, jak únava svalu ovlivňuje senzomotrické vnímání. Na práci, které se účastnilo 34 probandů prokázali signifikantní zvětšení minimální vzdálenosti mezi dvěma body, které byli schopni probandi identifikovat v oblasti proximálně od loketního a kolenního kloubu. Autoři tento rozdíl přisuzují právě únavě svalu. Jedním z vysvětlení, které autoři předkládají je upozadění ostatních senzitivních vjemů, před impulsy z Golgiho

šlachových tělísek během svalové kontrakce a tím i snížení citlivosti, mj. na dvoubodovou diskriminaci. (Han et al. 2015)



Obr. 10 - Dvoubodová diskriminace - prosotorové prahy na jednotlivých částech těla - převzato z KANDEL et al., Principles of Neural Science, 2000

1.5.4 Palestezie

Palestezie je schopnost vnímat rytmickou vibrační stimulaci. Nejčastěji se měření provádí přiložením rozvibrované ladičky na kost (Kobesová in Kolář, 2009 s. 69), lze však také měřit vnímání vibrací svalem (Proske, 2006, Medunová 2011) i jinými tkáněmi těla (Ganong, 2005, s. 153).

Zúčastní se při něm receptory pro dotyk, zejména Pacciniho tělíska, ale nezbytný je současně i časový faktor. Sled pravidelně se opakujících tlakových podnětů je vnímán jako vibrace. Vzruchy, které zprostředkují vibrační cití, jsou vedeny v zadních míšních provazcích. Degenerace této části míchy nastává při špatně kompenzované cukrovce, u perniciózní anémie, nedostatku některých vitamínů a příležitostně i při jiných stavech; snížení prahu pro vibrační podněty je častým

příznakem této degenerace. Vibrační cití a propriocepce jsou v těsné vazbě, při poškození jednoho typu cití bývá obvykle poškozen i druhý typ. (Ganong, 2005, s. 153)

Každý druh mechanoreceptoru vnímá jinou frekvenci vibrací. Merkelovy disky nejlépe vnímají frekvenci mezi 5-15 Hz, Meissnerova tělíska reagují na frekvence 20-50 Hz, Paciniho tělíska 60-400 Hz. Celkově lze říct, že člověk je schopen nejlépe vnímat vibrace o frekvencích 200-250 Hz. Při takových frekvencích se aktivují právě Paciniho tělíska. (Kandel et al., 2000, s. 437)

V literatuře se rozlišují dva pojmy – palestezie a vibrotaktilní cití. Termín palestezie se zachoval pro měření vnímání vibrací nad kostními výstupky – především prostřednictvím Paciniho tělísek uložených v periostu. Termín vibrotaktilní cití se používá pro měření vibrací nad měkkými tkáněmi, ve kterých se v percepci vibračního stimulu uplatňuje krom Paciniho tělísek i svalové vřetenko. (Medunová, 2011)

Vnímání vibrací testujeme pomocí graduované ladičky o frekvenci 128 Hz. Jeden kmit sinusoidy při oscilacích ladičky vyvolá jeden akční potenciál. Frekvence akčních potenciálů v aferentním nervovém vlákne pak odpovídá frekvenci vibrací. Rozkmitaná ladička produkuje kmity s průběžně klesající amplitudou, intenzita vibrací závisí na celkovém počtu aktivovaných senzitivních nervových vláken. (Véle, 2006)

Rozvibrovanou ladičku přiložíme na místa, kde je nejvíce přístupná kost, tj. kde je minimální tloušťka podkoží a měkkých tkání a zjišťujeme, zda a jak dlouho pacient vnímá vibraci. Při vyšetření má pacient zavřené oči a hlásí moment, kdy přestal vibraci cítit. U graduované ladičky lze tuto dobu odečíst na osmistupňové stupnici a vyjádřit poměrem, např 6/8. Čím je číslo v čitateli vyšší, tím déle jedinec vibraci cítil, tj. tím je u něj kvalita tohoto cití lepší. (Kobesová in Kolář, 2009 s. 69)

Conaire et al. (2011) srovnávali spolehlivost, preciznost a validnost výsledků měření vibračního cití při použití běžné ladičky a „Vibrametru“, což je elektronická obdoba běžné ladičky. Je zřejmé, že se „Vibrameter“ ukázal jako více spolehlivý a precizní v měření, na druhou stranu autoři připomínají, že běžná ladička je vhodnější ke klinickému vyšetření vzhledem k časové nenáročnosti testu. Samozřejmě kratší doba vyšetření znamená v tomto případě vyšší chybovost při měření. (Conaire et al., 2011)

Přestože se autoři vyjadřují spíše negativně k testování vibračního cití pomocí standardizované ladičky, chybí v této studii stranové srovnání. Myslíme si proto, že pro účely této práce bude ladička vyhovující.

Navzdory chybám lidským, existuje spousta dalších faktorů, které mohou zkreslovat naměřené hodnoty. Jedná se například o druh a objem podkožních tkání v měřeném místě, teplota kůže, kožní odpor apod., hodnoty rovněž závisí na věku vyšetřovaného. S přibývajícím věkem se snižuje vibrační citlivost. (Temlett, 2009)

Autor zároveň dodává, že ve své studii nerozeznal žádné rozdíly mezi dominantní a nedominantní stranou. (Temlett, 2009)

Dissmann et Han (2006) použili vyšetření vibračního cití k detekci zlomenin vnitřního kotníku. Toto užití se ukázalo jako vysoce spolehlivé, a je možné jej, dle autorů, využít jako rychlý klinický test namísto zdlouhavého a zdravotně rizikového RTG vyšetření. (Dissmann et Han., 2006)

1.5.5 Propriocepce

Proprioceptivní cití má jednoznačný podíl ve všech výše zmíněných modalitách cití, avšak v rámci cíleného vyšetření propriocepce je v následujících řádcích pojednáno o pojmech statestézie (polohocit) a kinestézie (pohybocit).

Propriocepce je schopnost registrovat polohu a pohyb těla a končetin s vyloučením zrakové kontroly. Rozlišujeme dvě modalitě propriocepce: statestézii a kinestézii. Propriocepce je důležitá především pro zajištění postury, schopnosti manipulace s předměty a kontroly pohybu samotného. (Kandel et al., 2000, s. 447)

K vyšetření propriocepce je možné využít Rombergův test (Romberg I). Pro účely DP je však vyhodnocení takového testu velmi složité. (Rooper et al., 2014)

1.5.5.1 Statestézie

Polohocit (statestézii) vyšetřujeme pasivní změnou polohy segmentu. Pacient má zavřené oči, vyšetřovaný segment uvedeme pasivně do nějaké polohy, pacienta instruujeme, aby si tuto polohu zapamatoval. Poté polohu segmentu změníme a pacienta vyzveme aby segment uvedl sám, ale stále se zavřenýma očima, do původní polohy, kterou si měl zapamatovat. Případně ho žádáme, aby například uvedl druhostrannou končetinu do symetrické polohy. (Kobesová in Kolář, 2009, s. 68)

1.5.5.2 Kinestezie

Pohybocit (kinestezie) se nejčastěji vyšetřuje na akrech končetin, zejména na prstech nohy. Pacient má zavřené oči, vyšetřující pomalu mění polohu segmentu v určitém směru a pacient má popsat směr pohybu. (Kobesová in Kolář, 2009 s. 69)

Kinestezii definuje Brodal (1992) jako percepci pozice kloubu, pohybu v kloubu a směru a rychlosti pohybu v kloubu. Kinestezii dále rozděluje na statickou a dynamickou. Statická informuje o aktuální poloze kloubu a jsou za ní zodpovědné pomalu se adaptující receptory, zatímco dynamická podává informace o rychlosti a směru pohybu kloubu, přičemž tyto informace poskytují receptory rychle se adaptující. (Brodal, 1992, s. 127)

1.5.6 Body image

V léčebné rehabilitaci často souhrnně hodnotíme funkce stereognostické, dvojbodovou diskriminaci, grafestezií, polohocit, pohybocit a další senzitivní funkce jako tzv. „body image“. Správná kvalita senzitivních funkcí totiž zajistí dokonalou představu o vlastním těle. Fyziologicky, i když zavřeme oči, máme neustálou představu o postavení jednotlivých segmentů našeho těla, víme přesně, jestli držíme např. horní končetiny v extenzi či ve flexi, zda stojíme, sedíme, zda se zády opíráme nebo ne, zda jsme oblečení, obuti atd. Kvalita tohoto vnímání do značné míry ovlivňuje i kvalitu naší motoriky, a proto je v rehabilitaci velmi důležitá.

V současné době se přikláníme k názoru, že právě porušená percepce vlastního těla může být primární příčinou abnormálních, neekonomických pohybových vzorů, které přetěžují určité oblasti pohybového systému a nakonec vedou k chronickým bolestem v zádech či v jiných oblastech pohybového systému. (Kolář et al., 2009, s. 305)

Vzhledem k výše zmíněnému výrazu „body image“ uvedeme ještě několik informací o těchto pojmech. Literatura rozlišuje pojmy „body schema“ a „body image“. Rozdíl v těchto pojmech ovšem dosud není zcela jasně definován. Dříve (začátek 20. století) byly dokonce tyto pojmy zaměňovány jeden za druhý. (Vignemont, 2010)

Pojem tělesné schéma je vysvětlen výše, avšak přidáváme další poznatky.

Pitron et Vignemont (2017) odkazují na definici, podle níž je tělesné schéma zapojeno při akci (pohyb, vědomá činnost), kdežto „body image“ je spojeno s tím, jakou má člověk představu o svém těle. Tato definice vyhází z dělení Paillarda (1999), který definuje pojmy „akce“ a „percepce“, či z ještě starší definice „nevědomé“ vs. „vědomé“ (Head et Holmes, 1911)

Podle autorů se obě pojetí tělesné představy spíše prolínají a navzájem doplňují. (Pitron et Vignemont, 2017) Je dokonce možné, že oba pojmy lze natolik složitě od sebe oddělit, že samotné rozdělení je chybné. (Vignemont, 2010)

Bellan et al. (2017) přidávají pojem „tělesná interpretace“, který vysvětlují dvojitým způsobem. Podle první definice do sebe tělesná interpretace zahrnuje pojem „body image“ jako pojetí těla při akci a „body scheme“, které vyjadřuje vnímání těla v klidu. Podle druhé definice se jedná o jednoduchou a dynamickou představu o svém těle. (Bellan et al., 2017)

2 Cíle a hypotézy

Cílem této diplomové práce je srovnat výsledky vyšetření senzomotorické kontroly na dolních končetinách s vyšetřením laterální preference dolních končetin. Zajímá nás, zda existuje stranový rozdíl v kvalitě senzomotorické kontroly na dolních končetinách. Dále nás zajímá, zda tento rozdíl koreluje se stranovou preferencí dolních končetin. Jsme toho názoru, že kvalita senzomotorické kontroly by měla být lepší na preferované končetině.

Účelem diplomové práce je posoudit správnost těchto hypotéz, avšak nedáváme si za cíl rozhodnout, zda je lepší senzomotorická kontrola důsledkem laterální preference či naopak. Pro zodpovězení této otázky by bylo potřebné realizovat daleko složitější odbornou práci.

Na základě prvotních poznatků jsme formulovali následující hypotézy:

H1: kvalita senzomotorické kontroly dolních končetin se bude stranově lišit

H₁₀: kvalita senzomotorické kontroly dolních končetin se nebude stranově lišit

H2: vyšší kvalita senzomotorické kontroly bude patrna na preferované DK

H₂₀: vyšší kvalita senzomotorické kontroly nebude patrna na preferované DK

3 Metodika

3.1 Určení laterální preference

Pro zjištění „nohovosti“ jsme užili Waterloo Footedness Questionnaire. (Ilnicka et al., 2013; Kapreli et al., 2006)

Skládá se z 10 otázek, resp. úkolů, podle nichž lze ozřejmit stranovou preferenci dolních končetin. Pět otázek je zaměřených na manipulativní funkce, druhých pět úkolů je zaměřeno na stabilitu při určité činnosti.

1. kop do míče na cíl
2. uhlazení písku
3. zvednout kuličku prsty na nohou
4. zadupnout brouka
5. zatlačení lopatky do země

6. stoj na jedné noze
7. stoupnutí na židli
8. stoj na jedné noze na kolejnici
9. skákání na jedné noze
10. přenesení váhy na jednu nohu

V naší práci byl bod 2. vyšetřován pouze pomyslně, stejně jako bod 5., v obou případech byli probandi nejprve slovně uvedeni do dané situace a poté byl teprve test vykonán. V bodě 8. jsme kolejnici nahradili dřevěným hranolem přibližné velikosti.

Výsledky celého vyšetření byly zaneseny do protokolu.

3.2 Steregnozie - Grafestezie

Proband byl vyšetřován vleže na zádech, instruován tak aby zrakem nesměřoval na oblast dolních končetin. Vyšetřenou oblastí byla ploska. Pro vyšetření jsme užili číslice od 0 do 9 s výjimkou čísla 4, které nelze provést jedním tahem. Číslo bylo nanášeno na kůži tupou stranou obyčejné tužky. Mezi jednotlivými čísly byl časový rozestup 3 s. Číslo bylo voleno náhodně, vždy tak, aby každá číslice byla na kůži „napsána“ právě jednou. Výsledná posloupnost čísel byla na každé končetině odlišná. Orientace číslic byla taková, jakoby si je psal sám proband, tzn. na plosku zrcadlově z pohledu vyšetřujícího a nárt normálně z pohledu probanda, vrchol číslic směřoval v obou případech k prstům. Hodnotila se správnost určení napsané číslice, kterou proband určoval verbálně.

Metodika vycházela z prací Mørch et al. (2010), O'Sullivan et Schmitz, (2007), Arnold et al. (2017).



Obrázek 11 - testování grafestezie

3.3 Dvoubodová diskriminace

Pro účely diplomové práce jsme zvolili metodiku převzatou z práce Wiktroma a Allena (2016). Ve své práci užili digitální kaliper, my používáme v práci kaliper analogový, tzv. šupleru, která se v práci Cashina a McAuleyho (2017) ukázala dostatečná. Měření probíhalo na dolní končetině, přesněji na plantě. Konkrétně jsme zvolili oblast hlavičky prvního metatarzu a bázi pátého metatarzu. Tato místa byla zvolena záměrně pro svůj význam při testování i terapii senzomotoriky.

Kaliper byl vždy umístěn paralelně s podélnou osou planty nad výše uvedenými body. Po první aplikaci byl vyšetřovaný proband instruován, aby slovně popsal, zda cítí „jeden“ či „dva“ body. Podle odpovědi byla vzdálenost buď snižována nebo zvyšována. Tato změna se řídila ověřeným „4-2-1 stepping algorithm“, tedy jestliže jsme začínali na 20 mm, další vzdálenost byla 16 nebo 24 mm. Každým krok byl zopakován třikrát (přesně podle předlohy) než se délka kroku snížila. Nejnižší hodnota, kdy proband cítil „dva“ body byla zaznamenána. Měření bylo 3 krát opakováno.

Měření bylo provedeno vždy nejprve na LDK a poté na PDK bez ohledu na zjištěnou stranovou preferenci, vyhnuli jsme se tímto možnému subjektivnímu zkreslení, jak ze strany probanda, tak ze strany vyšetřujícího.

Měření probíhalo vleže na zádech, pro celkovou relaxaci, a eliminování zrakové kontroly.



Obrázek 12 - testování dvoubodové diskriminace

3.4 Palestezie

Rozvibrovaná ladička byla přiložena na vybrané kostní výběžky v oblasti nohy, kterými byly vrchol vnitřního a zevního maleolu a dorzolaterálně výběžek hlavičky I. metatarzu. Po přiložení jedinec nahlásil moment, kdy už vibrace necítí. Hodnocení: v momentě, kdy vyšetřovaný nahlásil, že přestal cítit vibrace, byla odečtena hodnota a zapsána do protokolu.

Při měření palestezie jsme vycházeli z postupu Kobesové (Kobesová in Kolář, 2009 s. 69).



Obrázek 13 - testování palestezie

3.5 Statestezie a kinestezie

Pro vyšetření propriocepce jsme využili dvouramenný kruhový goniometr. Měření probíhalo na kolenním kloubu. Goniometr byl pomocí leukoplasti šetrně připevněn ke kolennímu kloub, aby nedošlo ke zkreslení výsledků měření opakovaným přikládáním. Práce s goniometrem se řídila metodikou dle Jandy a Pavlů (1993).

Testovaný jedinec ležel na lehátku v poloze na břicho, tak aby špičky dolních končetin přesahovaly okraj lehátka, ruce volně uložené podél těla, pozice hlavy byla volena dle největšího možného pohodlí testovaného.

K testování jsme se inspirovali diplomovou prací Vaňkové (2014).

Nejprve byla dolní končetina probanda pasivně převedena z nulové pozice do 50° flexe v kolenním kloubu a proband byl vyzván, aby si tuto pozici bez kontroly zrakem „zapamatoval“. Končetina byla v této pozici držena 4 s a následně opět pasivně navracena do původní polohy. Ihned poté byla končetina probanda opět pasivně flektována stejnou rychlostí a proband měl zastavit slovem „stop“ v okamžiku, kdy bylo podle něj dosaženo flexe 50° v kolenním kloubu. Pohyb končetiny byl zastaven a z goniometru byla odečtena hodnota flexe.

Ihned poté byl zopakován základní proces pasivního převedení kolenního kloubu do pozice 50° flexe a „zapamatování“. Tentokrát byl však vyšetřovaný vyzván k „ohnutí kolene do stejného úhlu a zastavení v okamžiku, kdy dle probanda dané pozice „dosáhl“. Opět byla hodnota z goniometru odečtena a zaznamenána.

Pro testování úhlu 100° flexe byl postup měření totožný s předchozím se stejnou výchozí polohou, provedením i odečtením a zaznamenáním údajů.

Celý postup byl zopakován na kontralaterální dolní končetině.



Obrázek 14 - testování statestezie a kinestezie

4 Výsledky

4.1 Sběr dat

Sběr dat pro teoretickou část probíhal formou rešerše odborné literatury. Sběr dat probíhal v období mezi březnem a červencem 2017, práce byly vyhledávány v databázích PubMed, Medline, Sciencedirect a repozitáři závěrečných prací UK.

4.2 Praktická část

Praktická část probíhala v únoru 2018. Měření probíhalo v předepsaných polohách, probandi leželi na masážním lehátku. Měření probíhala vždy ve stejné místnosti v průběhu 4 dnů. Odlišné dny a rozdílná denní doba, ve kterých měření probíhalo, jsou pro tuto práci nevýznamné.

4.2.1 Charakteristika souboru

4.2.1.1 Vstupní kritéria

Původní soubor obsahoval 35 probandů, vzhledem k vylučovacím kritériím (viz níže) byl soubor zúžen na 18 jedinců, jejichž data byla statisticky zpracována.

Soubor, jež byl statisticky vyhodnocen, obsahoval celkem 18 jedinců mužského pohlaví ve věku 18 let 0 měsíců \pm 7,7 měsíců.

Soubor se skládal z jedinců, kteří hrají fotbal závodně déle než 5 let. Nechceme v této práci užít slovo profesionální fotbalisté, vzhledem k věku probandů, avšak všichni se účastní tréninků pod vedením profesionálních trenérů, kteří mají potřebné oprávnění a vzdělání. Jak bude ještě zmíněno v diskuzi, jedná se o jedince, kteří jsou již dostatečně „jednostranně zatížení“ svým sportem, v tomto případě fotbalem.

4.2.1.2 Vylučovací kritéria

Do vybraného souboru probandů nebyli zařazeni jedinci, kteří v době měření uvedli, že pociťují bolest dolních končetin, dále jedinci, kteří v době 6 měsíců před měřením prodělali zranění dolních končetin (např. ruptura LCA, distorze hlezenního kloubu, ruptura svalu na DKK apod.). Nakonec jsme se rozhodli vyloučit všechny jedince, kteří ve svém anamnéze měli operační zákrok na dolních končetinách (artroskopie, osteosyntéza apod.).

4.2.2 Statistické zpracování

Vytváření databáze naměřených výsledků pro potřeby následné kvantitativní analýzy bylo provedeno v programu MS EXCEL 2007. Vlastní kvantitativní analýza naměřených dat byla posléze provedena za využití programu R STUDIO. Hlavní statistickou metodou kvantitativní analýzy byl tzv. t-test. Ke grafickému znázornění bylo užito tzv. boxplotů vygenerovaných v programu R STUDIO.

4.3 Výsledky

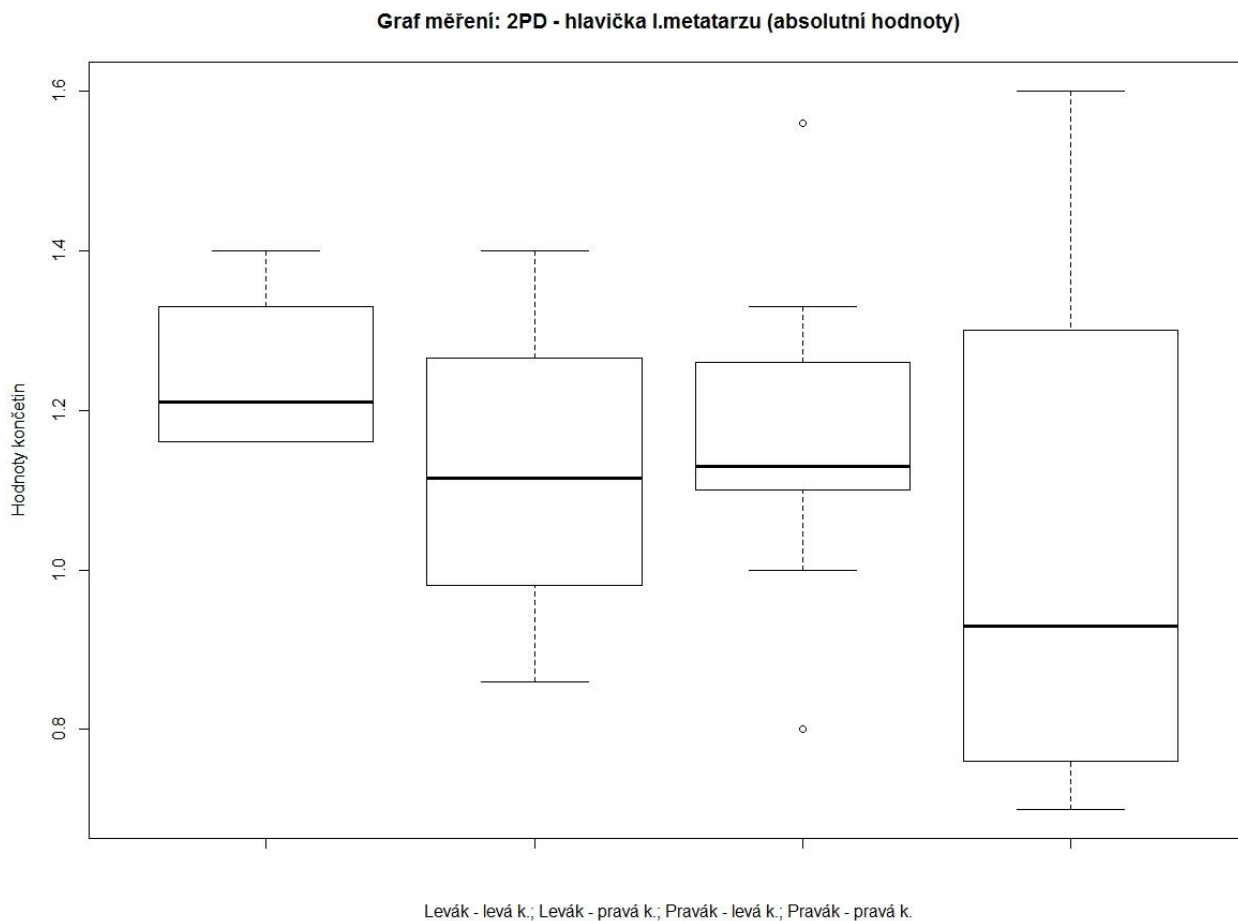
4.3.1 Laterální preference DKK

Z celkového počtu 18 jedinců bylo za pomoci Waterloo Footedness Questionnaire. (Ilnicka et al., 2013; Kapreli et al., 2006) nalezeno 14 (77,8%) jedinců s preferencí PDK a 4 (22,2%) jedinci s preferencí LDK.

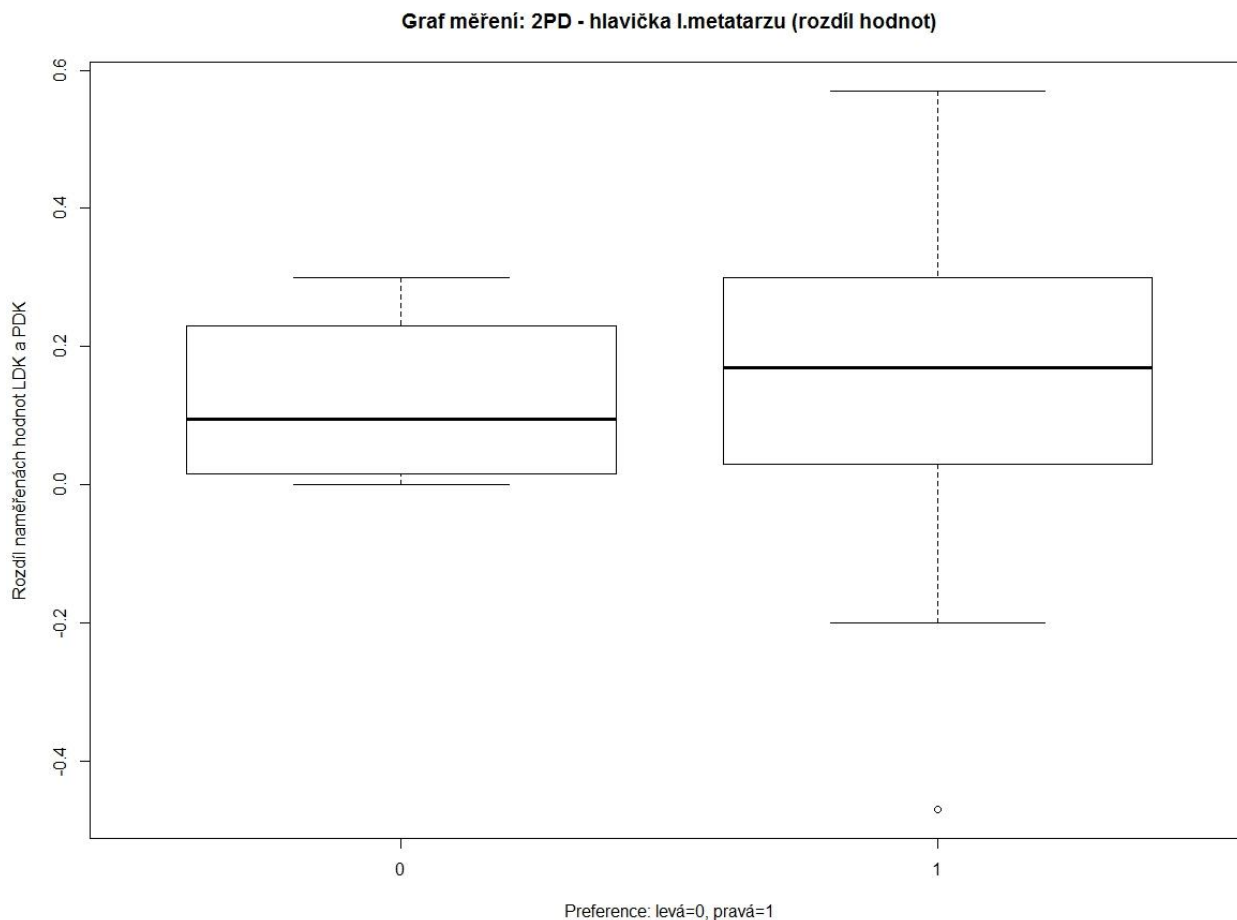
4.3.2 Dvoubodová diskriminace

Dvoubodovou diskriminaci jsme měřili na dvou místech - v oblasti hlavičky I. a V. metatarzu.

Graf č.1



Graf č. 2



Komentář ke grafům č. 1 a 2

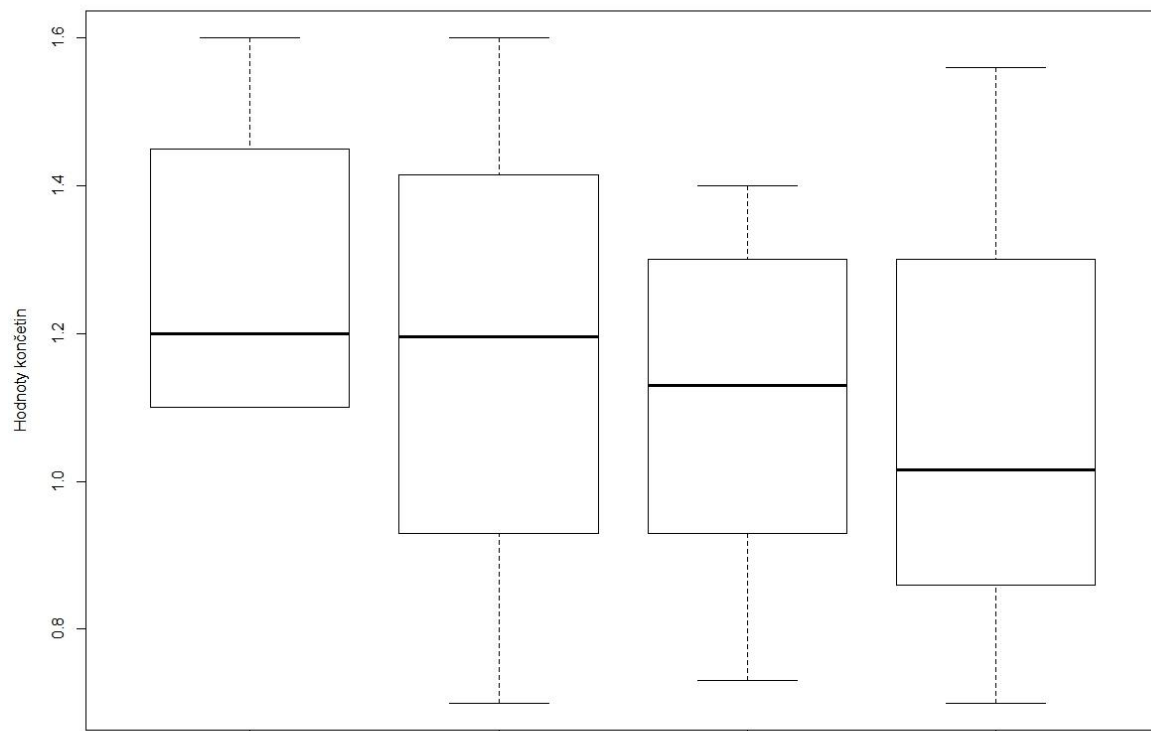
Ve skupině leváků bylo na LDK naměřeno $Me = 1,21$ cm ($SD = 0,1135782$ cm), na PDK $Me = 1,115$ cm ($SD = 0,2209638$ cm) Ve skupině praváků bylo na LDK naměřeno $Me = 1,13$ cm ($SD = 0,1743497$ cm), na PDK $Me = 0,93$ cm ($SD = 0,287937$ cm).

Mezi jednotlivými končetinami byl naměřen rozdíl: pro leváky $Me = 0,095$ cm ($SD = 0,1372042$ cm), pro praváky $Me = 0,17$ cm ($SD = 0,2674626$ cm)

Hodnota p -value = 0,9916 ($p > 0,05$) - rozdíl mezi končetinami není statisticky signifikantní, avšak při bližší analýze lze říct, že lepší citlivost pro dvoubodovou diskriminaci vykazovala PDK, bez ohledu na preferenci.

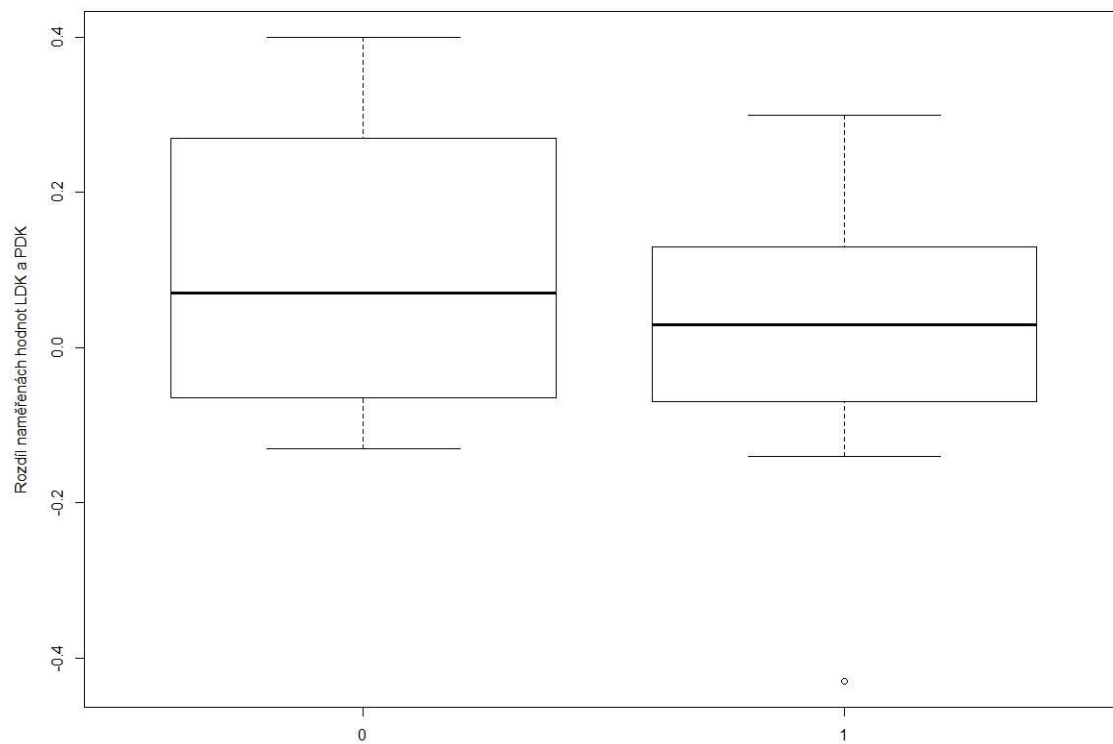
Graf č.3 a 4

Graf měření: 2PD - hlavička V.metatarzu (absolutní hodnoty)



Levák - levá k.; Levák - pravá k.; Pravák - levá k.; Pravák - pravá k.

Graf měření: 2PD - hlavička V.metatarzu (rozdíl hodnot)



Preference: levá=0, pravá=1 (rozdíl hodnot)

Komentář ke grafům č. 3 a 4

Ve skupině leváků bylo na LDK naměřeno $Me = 1,2$ cm ($SD = 0,0,2362908$ cm), na PDK $Me = 1,195$ cm ($SD = 0,3694478$ cm) Ve skupině praváků bylo na LDK naměřeno $Me = 1,13$ cm ($SD = 0,2234495$ cm), na PDK $Me = 1,015$ cm ($SD = 0,2724583$ cm).

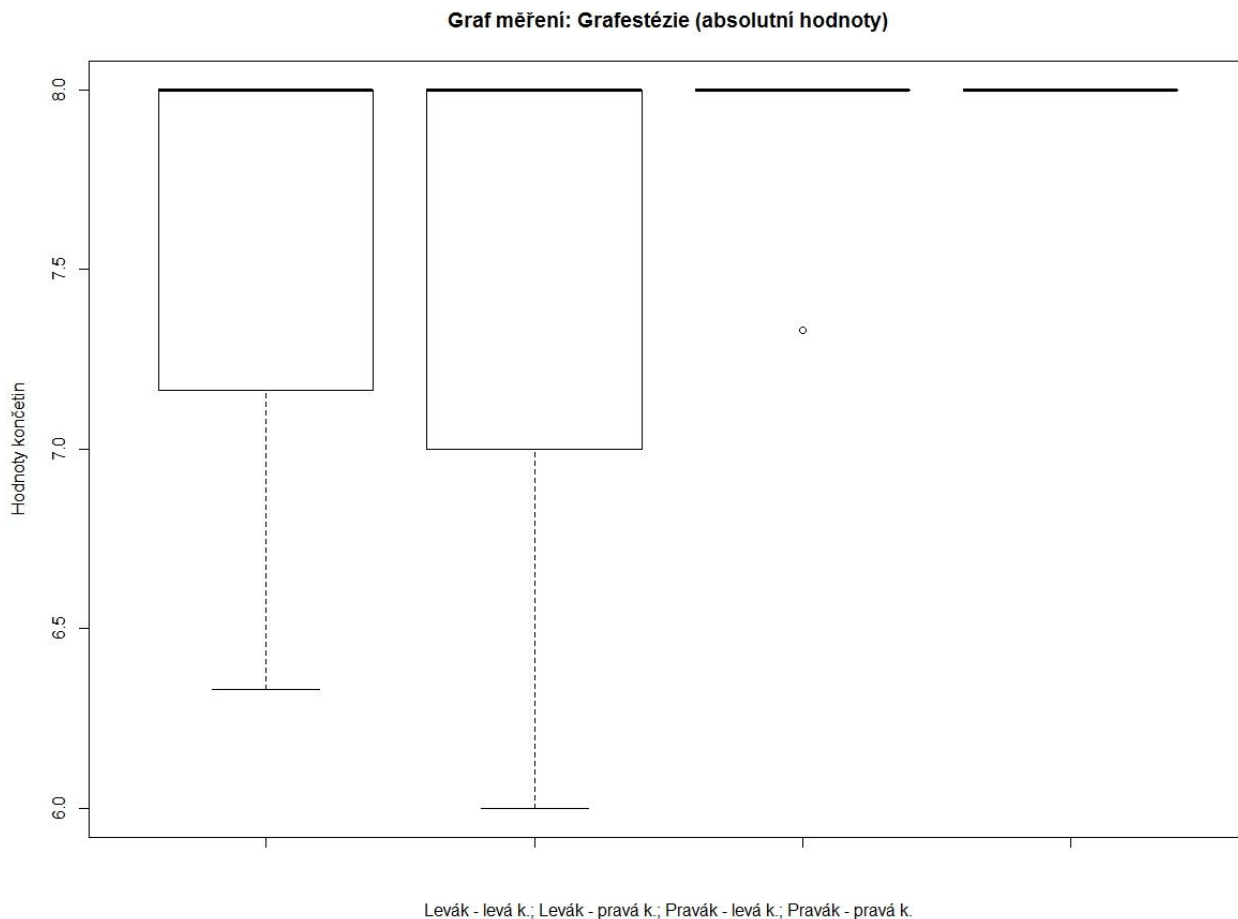
Mezi jednotlivými končetinami byl naměřen rozdíl: pro leváky $Me = 0,07$ cm ($SD = 0,2269178$ cm), pro praváky $Me = 0,03$ cm ($SD = 0,1906971$ cm)

Hodnota p-value = 0,5648 ($p > 0,05$) - rozdíl mezi končetinami není statisticky signifikantní, stejně jako v předchozím případě lze říci, že lepší citlivost pro dvoubodovou diskriminaci vykazovala PDK, bez ohledu na preferenci.

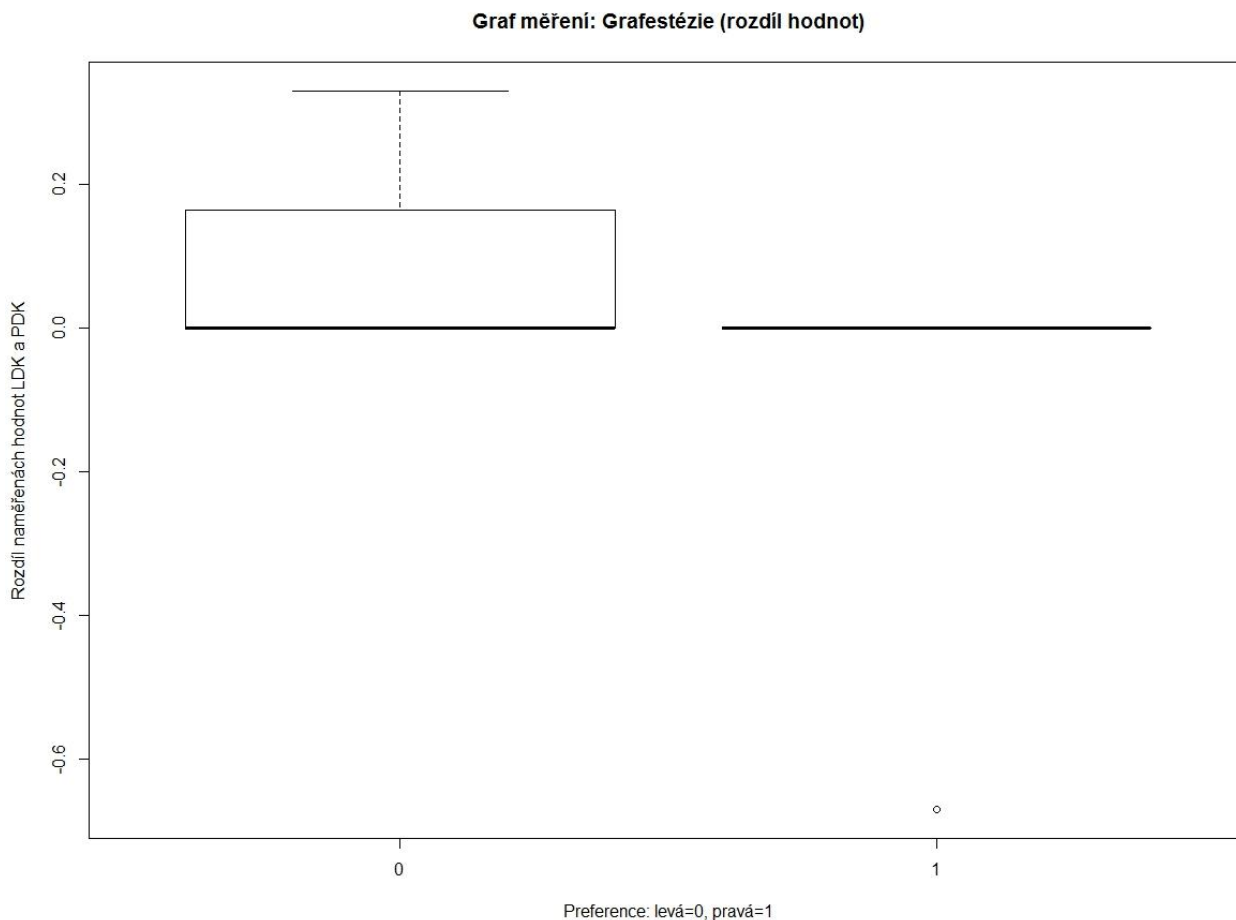
4.3.3 Grafestezie

Grafestezie byla hodnocena určením číslice „nakreslené“ na chodidlo. Celkový počet čísel bylo 8, nejlepší výsledek, kterého bylo možné dosáhnout je 8, nejhorší 0.

Graf č.5



Graf č. 6



Ve skupině leváků bylo na LDK naměřeno $Me = 8$ ($SD = 0,835$), na PDK $Me = 8$ ($SD = 1$). Ve skupině praváků bylo na LDK naměřeno $Me = 8$ ($SD = 0,179065$), na PDK $Me = 8$ ($SD = 0$).

Mezi jednotlivými končetinami byl naměřen rozdíl: pro leváky $Me = 0$ ($SD = 0,165$), pro praváky $Me = 0$ ($SD = 0,179065$).

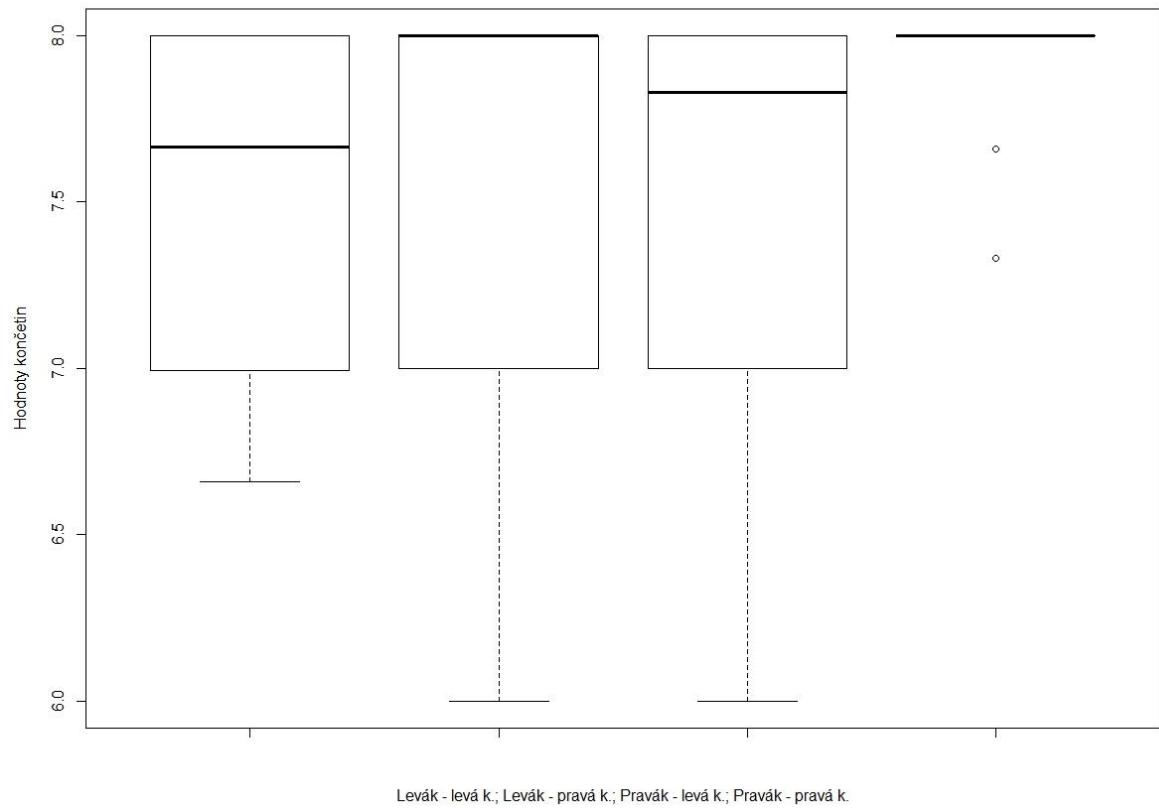
Hodnota p-value = 0,2276 ($p > 0,05$) - rozdíl mezi končetinami není statisticky signifikantní.

4.3.4 Palestezie

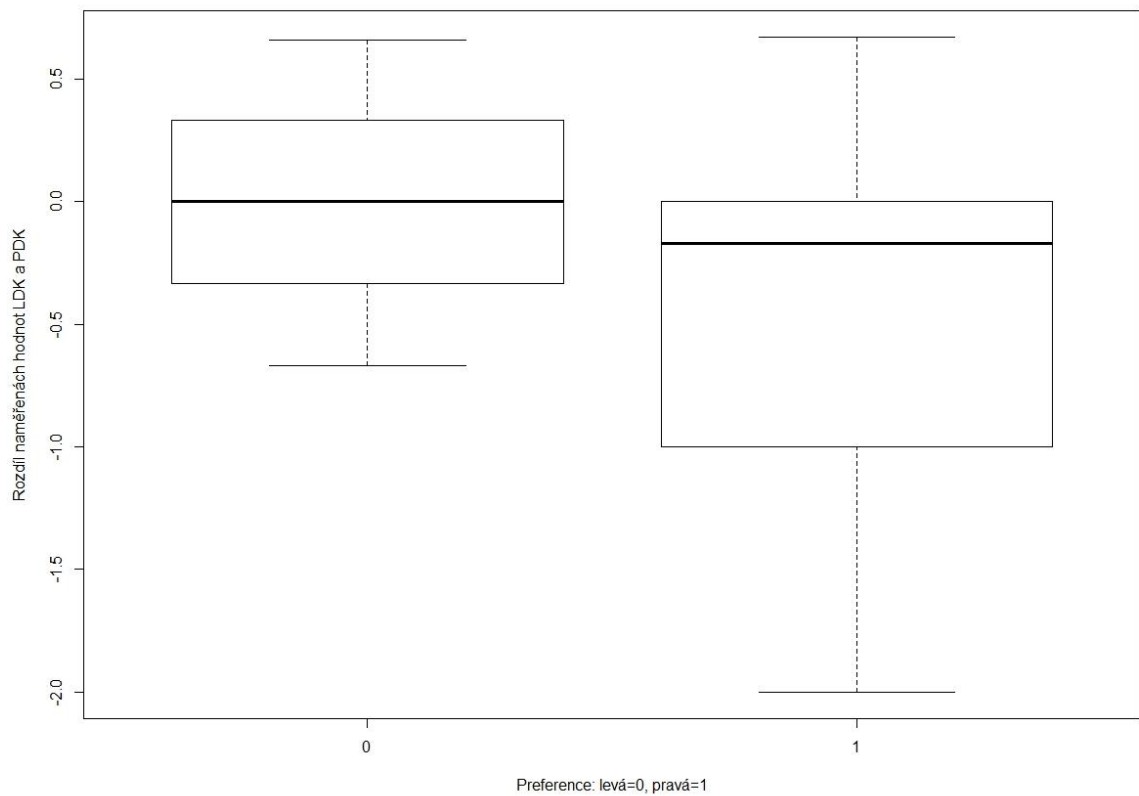
Palestezie byla měřena na třech místech dolní končetiny - mediální maleolus, laterální maleolus, dorzolaterální výběžek hlavice I. metatarzu. Z metodiky vyplývá, že maximální dosažený výsledek je 8 (v klinickém zápisu 8/8), minimální 0 (0/8).

Graf č 7 a 8

Graf měření: Palestezie - med. maleolus (absolutní hodnoty)



Graf měření: Palestezie - med. maleolus (rozdíl hodnot)



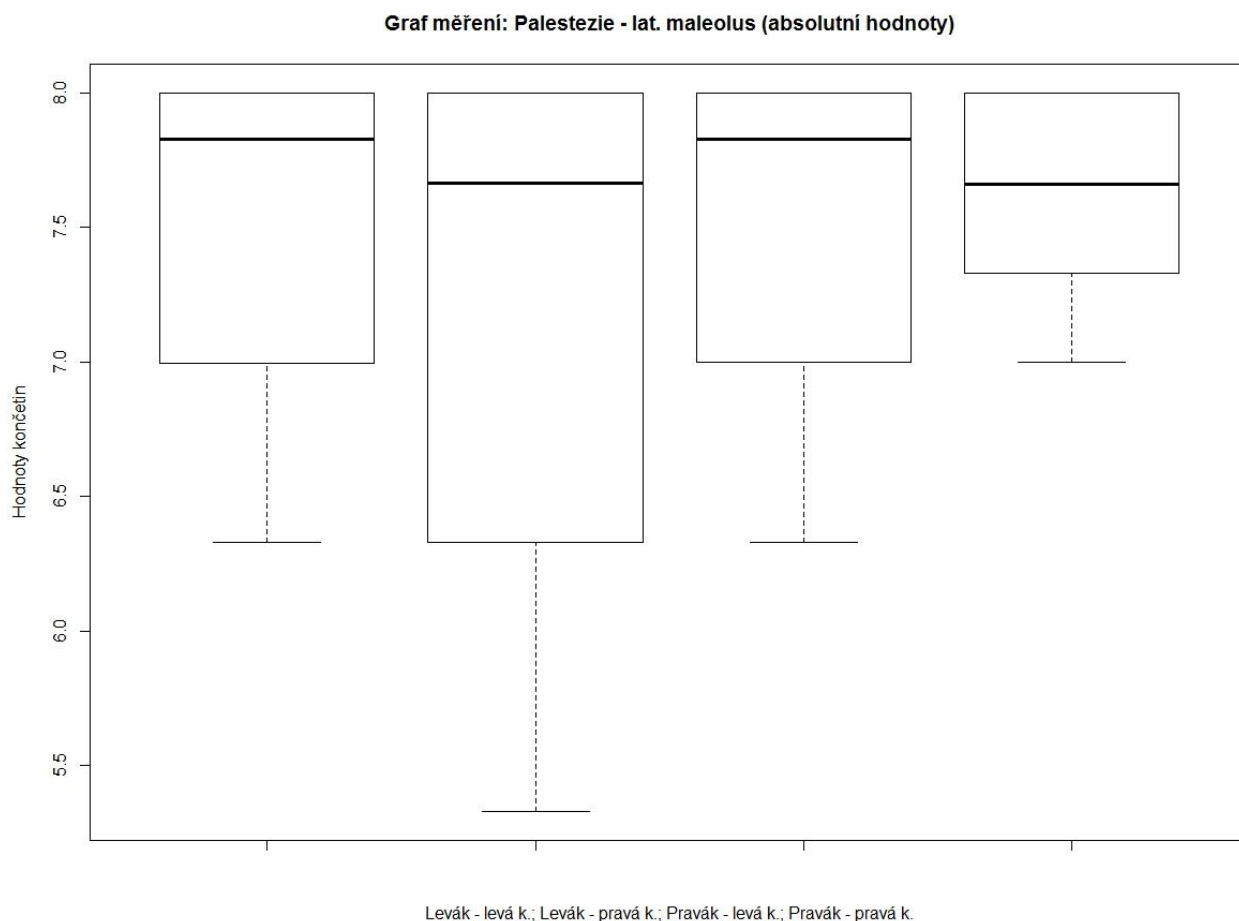
Komentář ke grafům č. 7 a 8

Ve skupině leváků bylo na LDK naměřeno $Me = 7,665$ ($SD = 0,6414762$), na PDK $Me = 8$ ($SD = 1$) Ve skupině praváků bylo na LDK naměřeno $Me = 7,83$ ($SD = 0,6872672$), na PDK $Me = 8$ ($SD = 0,2056736$).

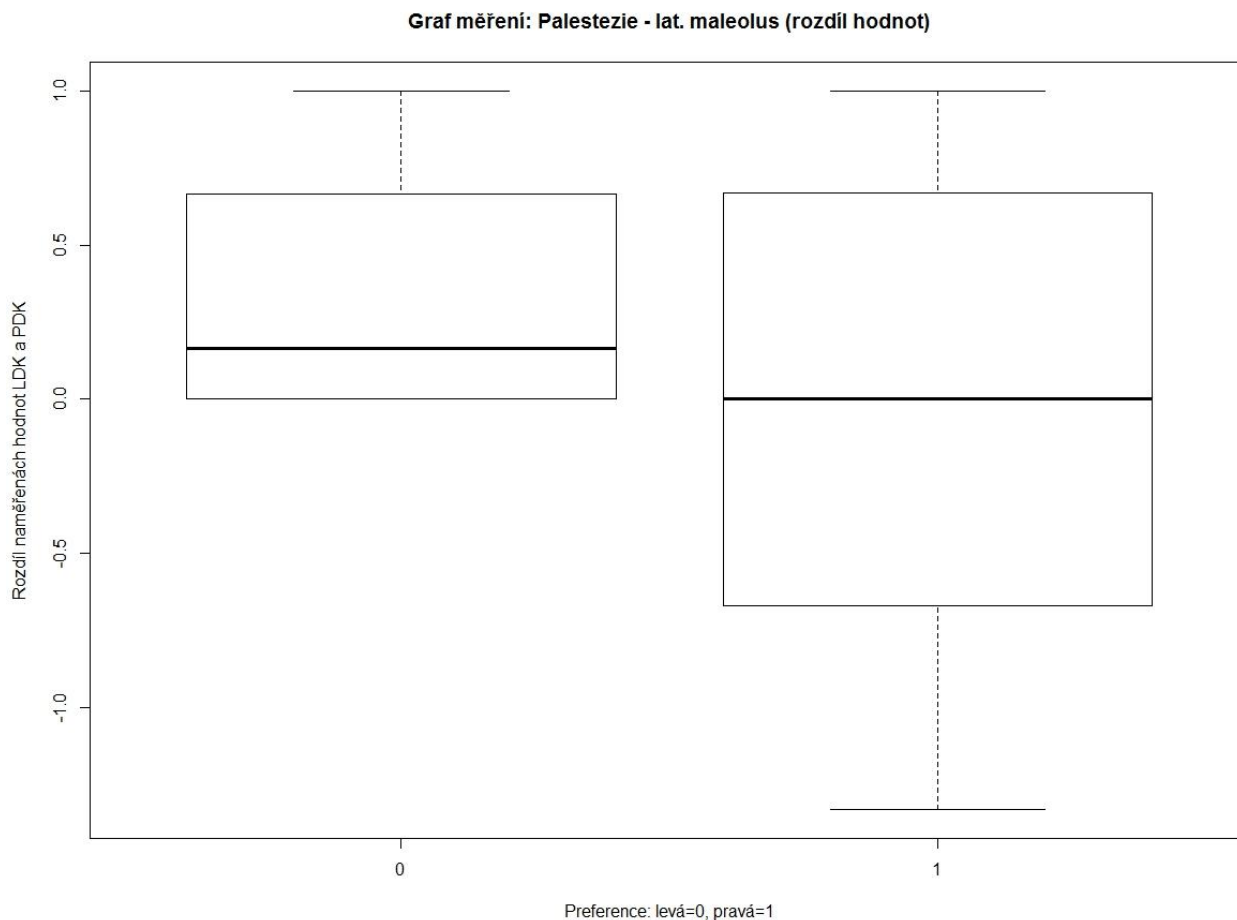
Mezi jednotlivými končetinami byl naměřen rozdíl: pro leváky $Me = 0$ ($SD = 0,5429779$), pro praváky $Me = -0,17$ ($SD = 0,7591207$)

Hodnota p-value = 0,2274 ($p > 0,05$) - rozdíl mezi končetinami není statisticky signifikantní.

Graf č. 9



Graf č. 10



Komentář ke grafům č. 9 a 10

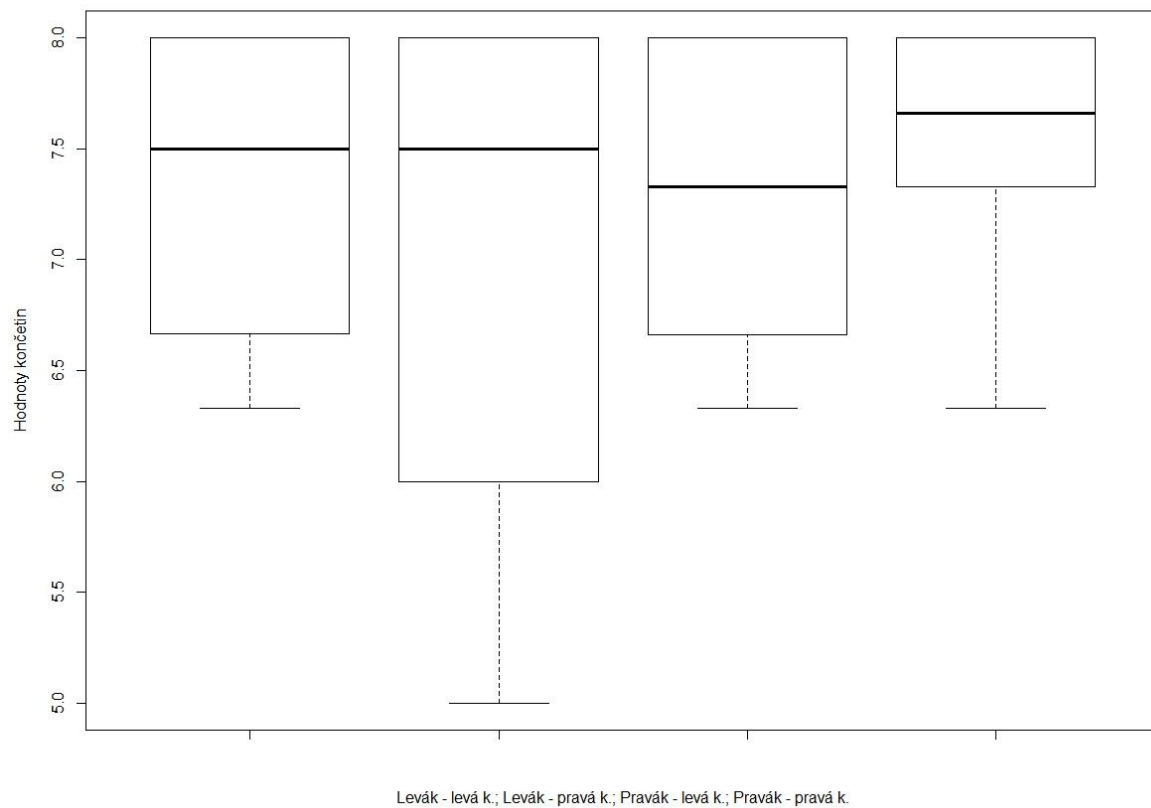
Ve skupině leváků bylo na LDK naměřeno $Me = 7,83$ ($SD = 0,7946645$), na PDK $Me = 7,665$ ($SD = 1,263448$) Ve skupině praváků bylo na LDK naměřeno $Me = 7,83$ ($SD = 0,6375162$), na PDK $Me = 7,66$ ($SD = 0,3432337$).

Mezi jednotlivými končetinami byl naměřen rozdíl: pro leváky $Me = 0,165$ ($SD = 0,471407$), pro praváky $Me = 0$ ($SD = 0,7247796$).

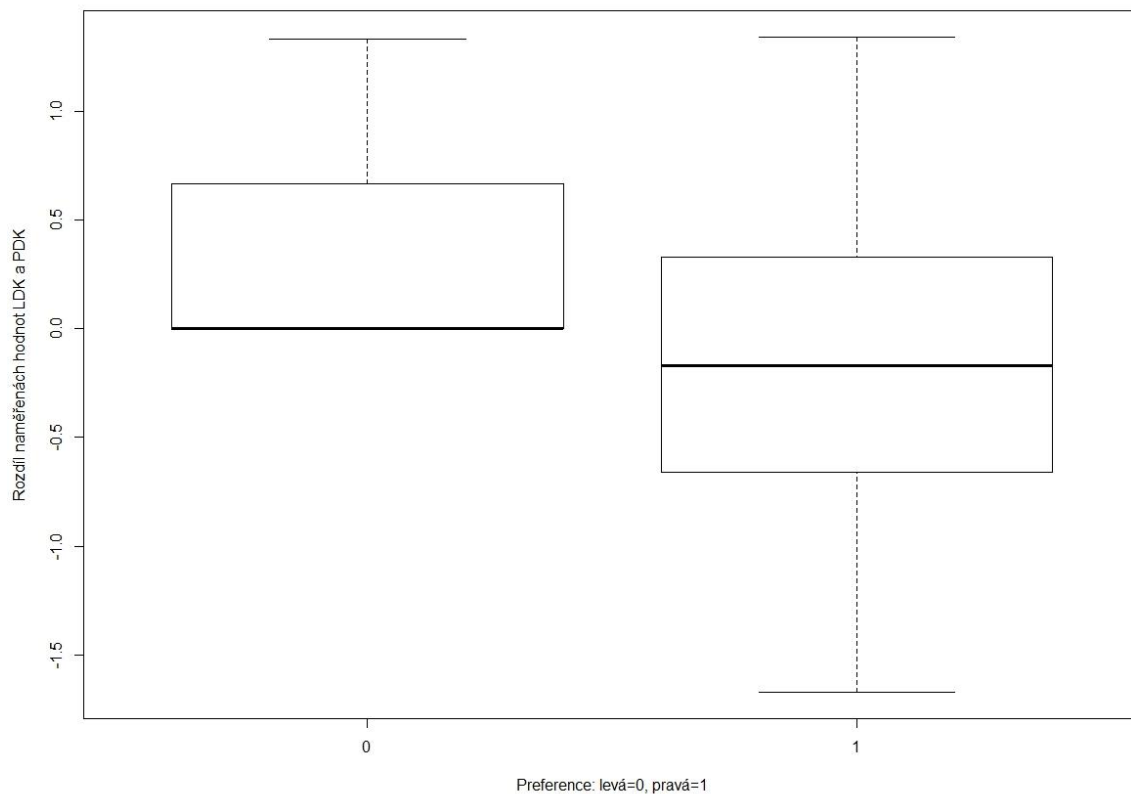
Hodnota p-value = 0,1608 ($p > 0,05$) - rozdíl mezi končetinami není statisticky signifikantní.

Graf č. 11 a 12

Graf měření: Palestezie - dorzolat. výběžek hlavičky I. metatarzu (absolutní hodnoty)



Graf měření: Palestezie - dorzolat. výběžek hlavičky I. metatarzu (rozdíl hodnot)



Komentář ke grafům č. 11 a 12

Ve skupině leváků bylo na LDK naměřeno $Me = 7,5$ ($SD = 0,817858$), na PDK $Me = 7,5$ ($SD = 1,414214$). Ve skupině praváků bylo na LDK naměřeno $Me = 7,33$ ($SD = 0,6689947$), na PDK $Me = 7,66$ ($SD = 0,5196242$).

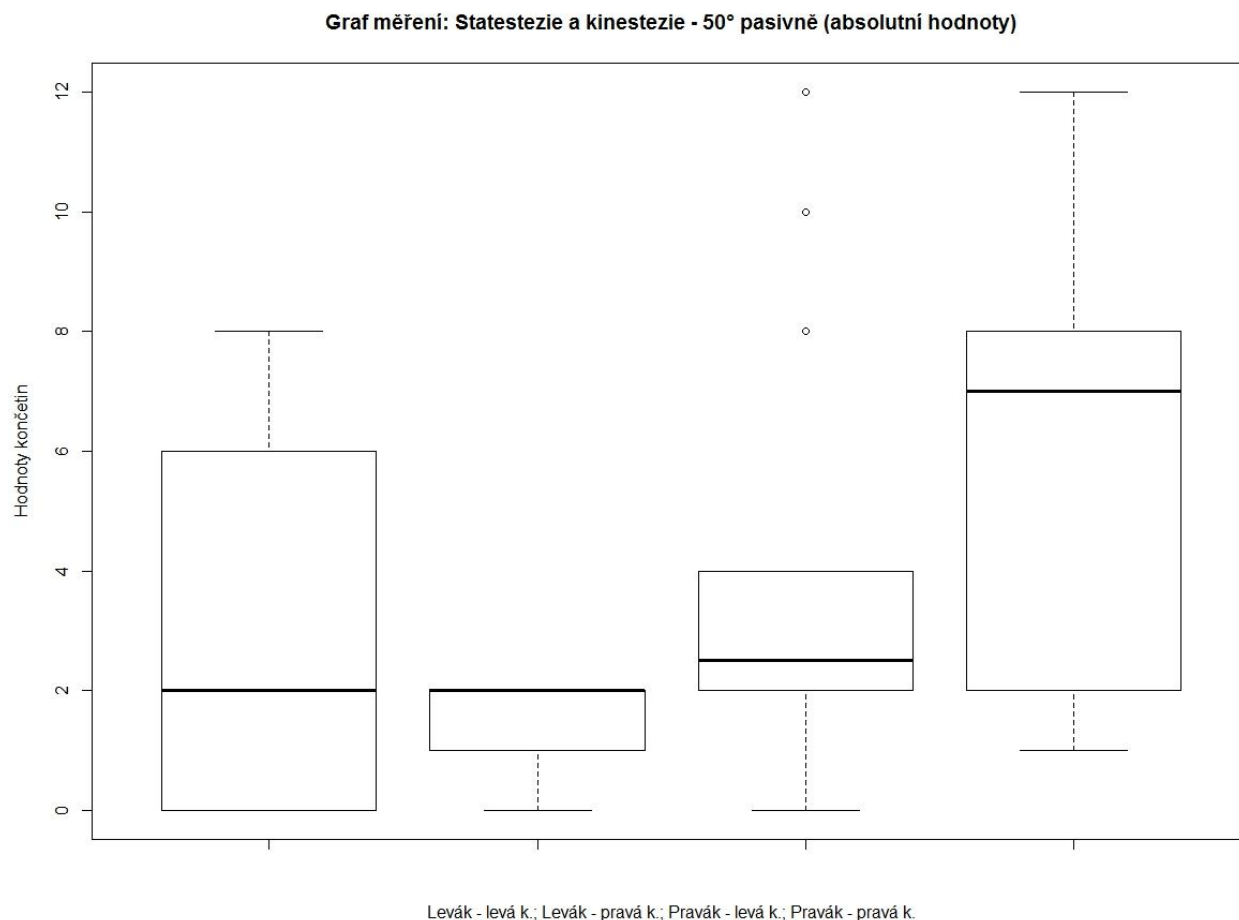
Mezi jednotlivými končetinami byl naměřen rozdíl: pro leváky $Me = 0$ ($SD = 0,665$), pro praváky $Me = -0,17$ ($SD = 0,8395017$).

Hodnota p-value = 0,2349 ($p > 0,05$) - rozdíl mezi končetinami není statisticky signifikantní.

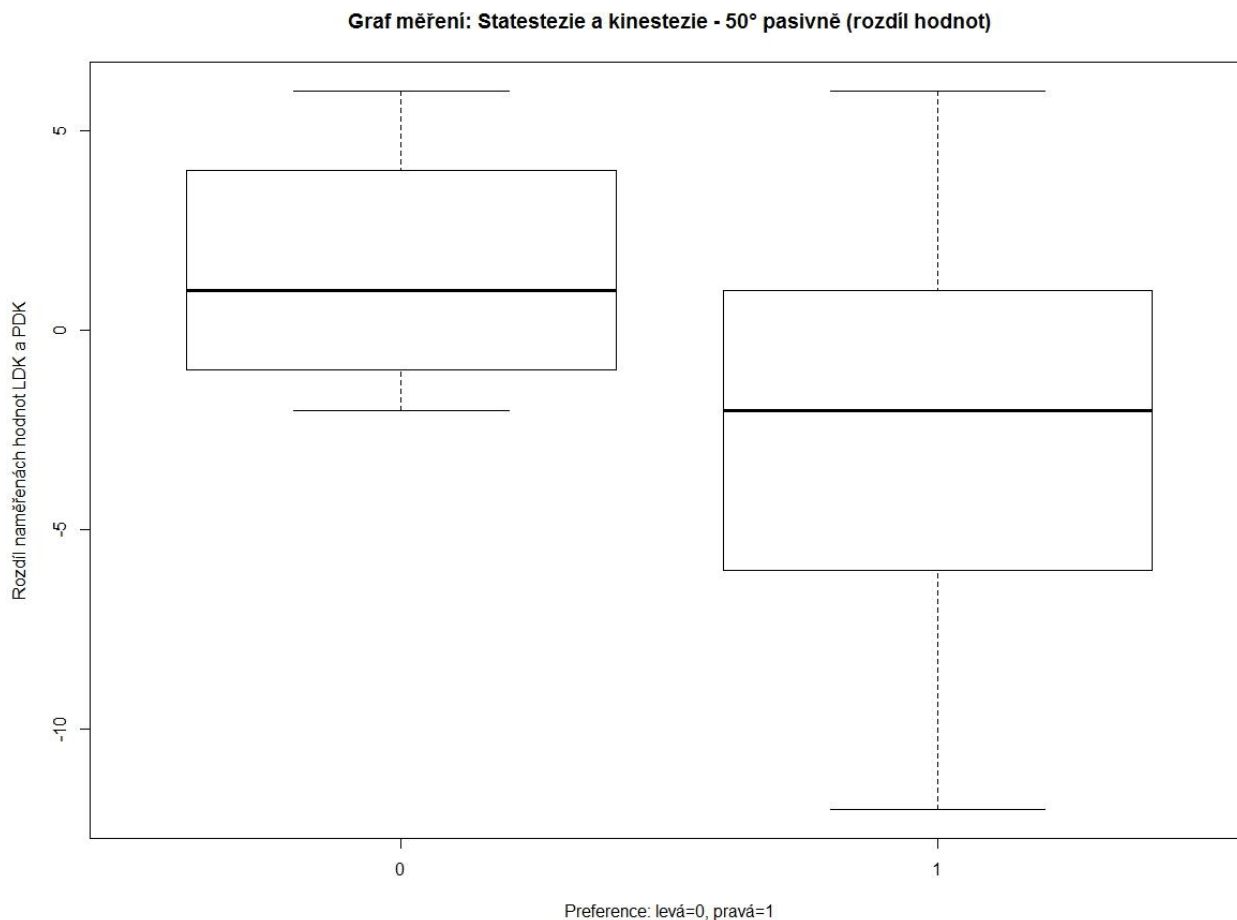
4.3.5 Statestezie a kinestezie

Statestezie a kinestezie byla měřena na pomoci pasivní a aktivní flexe kolenního kloubu do 50° , resp. 100° . Ve statistickém zpracování nás zajímala odchylka od dané hodnoty, bez ohledu na znaménko. V grafech jsou tedy znázorněny absolutní hodnoty odchylek.

Graf č. 13



Graf č. 14



Komentář ke grafům č. 13 a 14

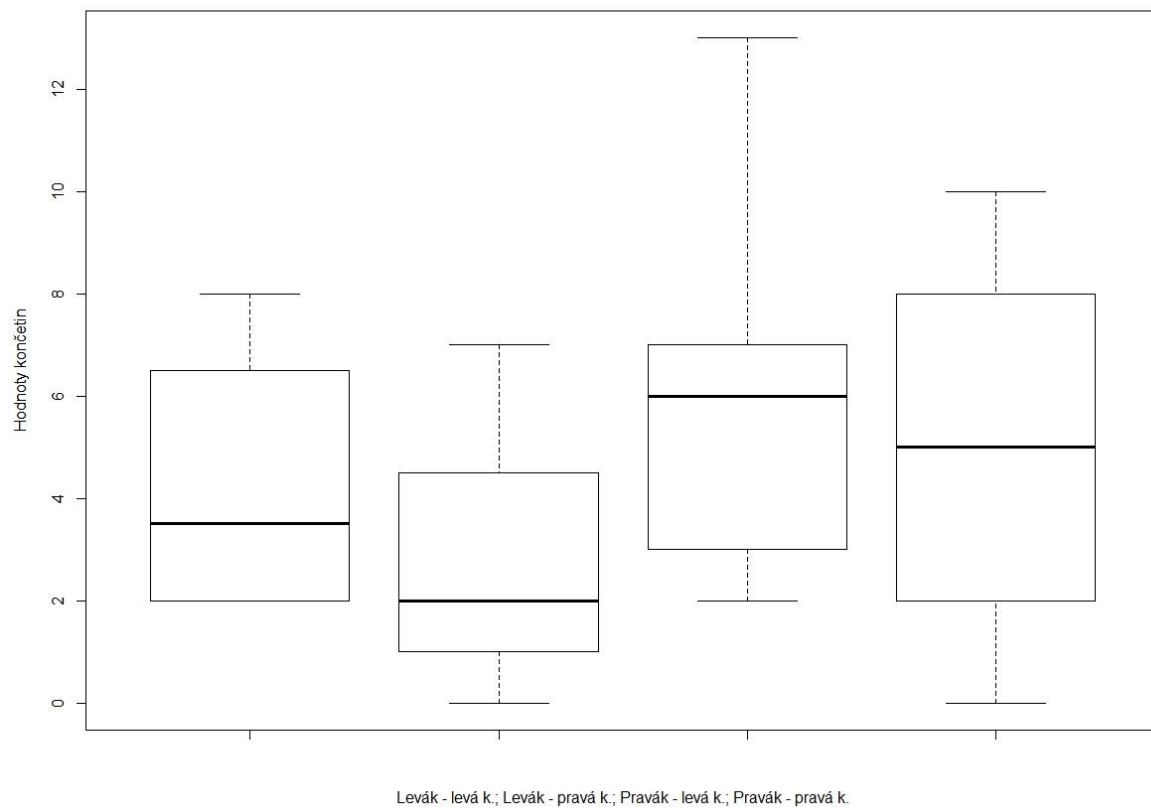
Ve skupině leváků bylo na LDK naměřeno $Me = 2^\circ$ ($SD = 3,829708^\circ$), na PDK $Me = 2^\circ$ ($SD = 1^\circ$) Ve skupině praváků bylo na LDK naměřeno $Me = 2,5^\circ$ ($SD = 3,829708^\circ$) na PDK $Me = 7^\circ$ ($SD = 3,658499^\circ$).

Mezi jednotlivými končetinami byl naměřen rozdíl: pro leváky $Me = 1^\circ$ ($SD = 3,41565^\circ$), pro praváky $Me = -2^\circ$ ($SD = 4,974661^\circ$)

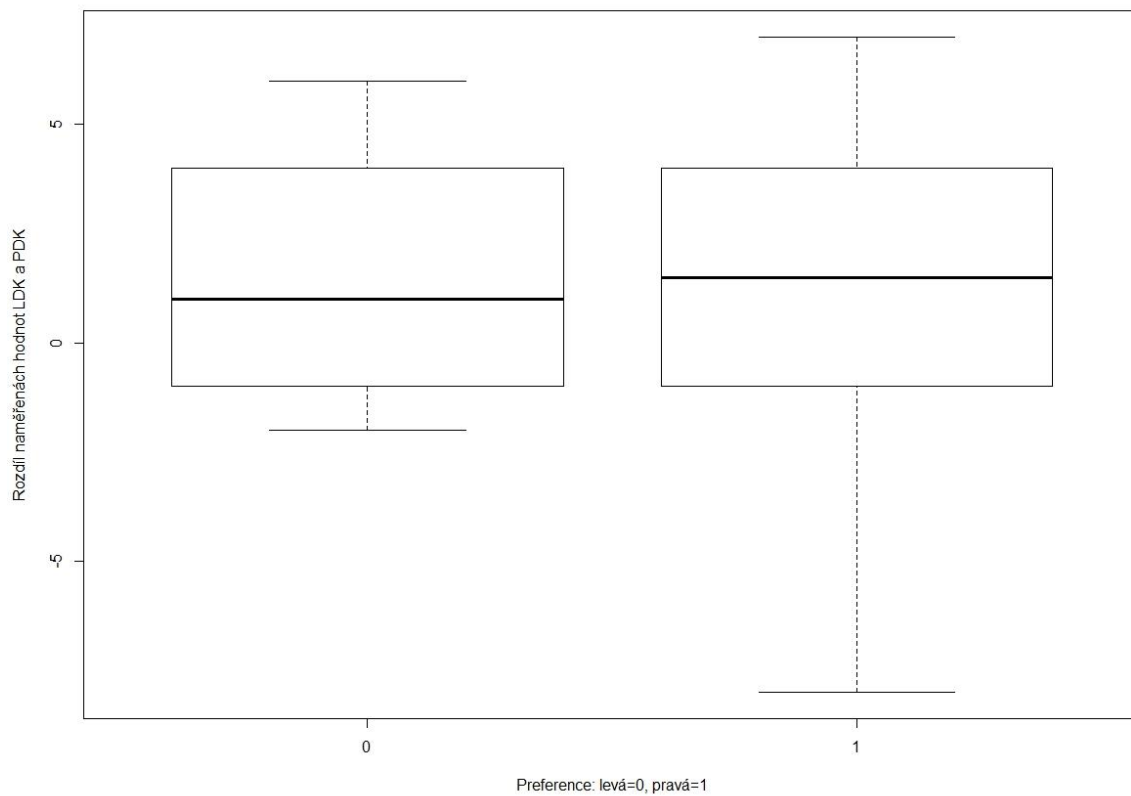
Hodnota p-value = 0, ($p > 0,05$) - rozdíl mezi končetinami není statisticky signifikantní.

Graf č. 15 a 16

Graf měření: Statestzeie a kinestezie - 100° pasivně (absolutní hodnoty)



Graf měření: Statestzeie a kinestezie - 100° pasivně (rozdíl hodnot)



Komentář ke grafům č. 15 a 16

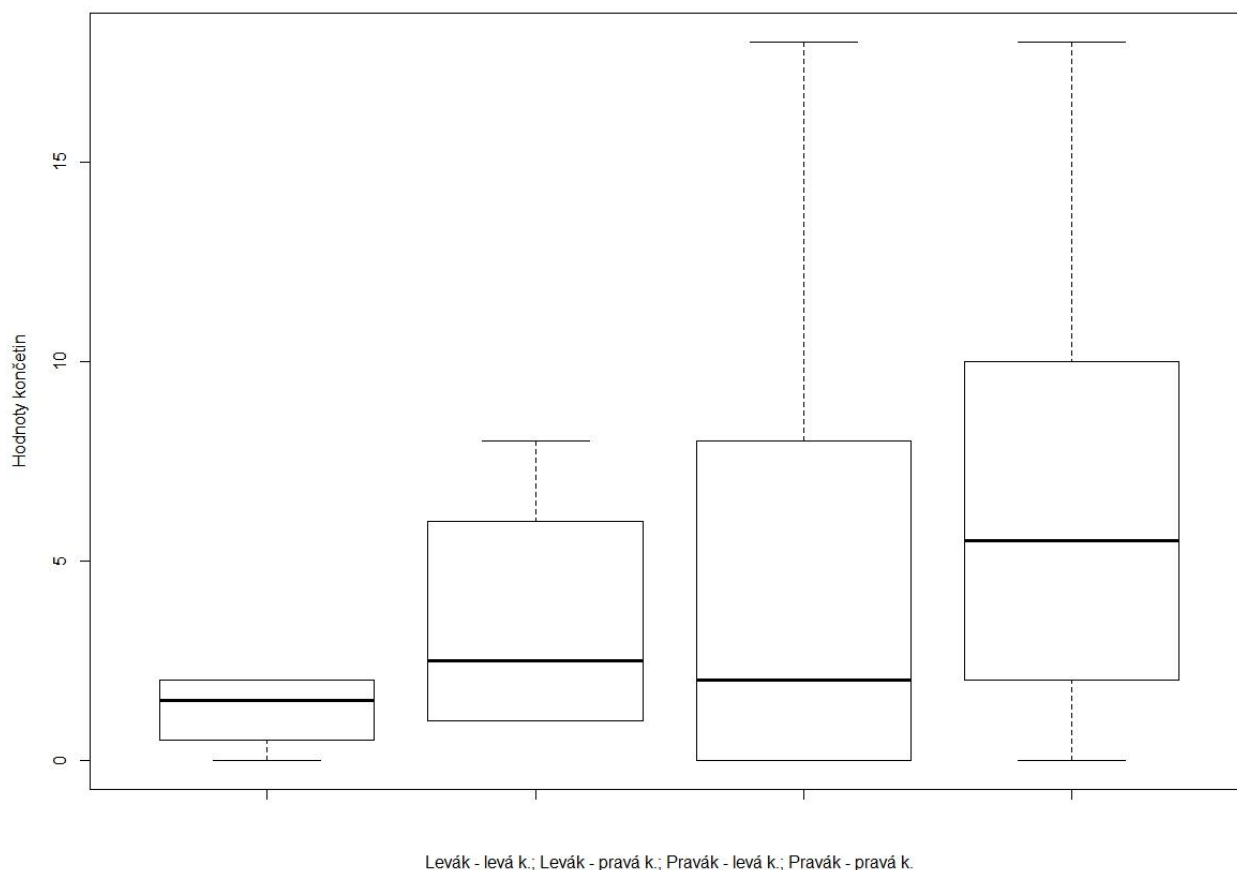
Ve skupině leváků bylo na LDK naměřeno $Me = 3,5^\circ$ ($SD = 2,872281^\circ$), na PDK $Me = 2^\circ$ ($SD = 2,986079^\circ$). Ve skupině praváků bylo na LDK naměřeno $Me = 6^\circ$ ($SD = 3,149219^\circ$), na PDK $Me = 5^\circ$ ($SD = 3,292516^\circ$).

Mezi jednotlivými končetinami byl naměřen rozdíl: pro leváky $Me = 1^\circ$ ($SD = 3,41565^\circ$), pro praváky $Me = 1,5^\circ$ ($SD = 4,720775^\circ$).

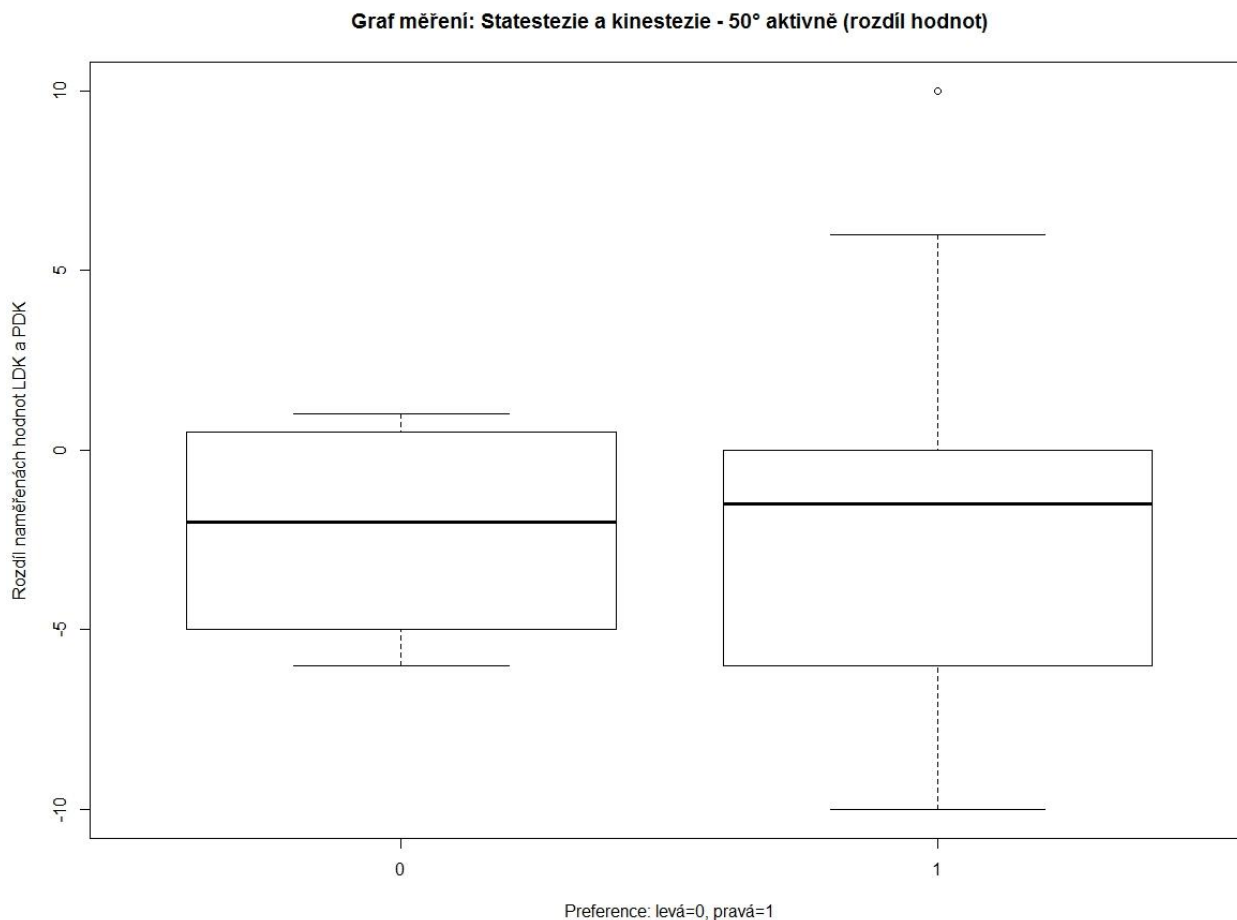
Hodnota p-value = 0,7712 ($p > 0,05$) - rozdíl mezi končetinami není statisticky signifikantní.

Graf č. 17

Graf měření: Statestezie a kinestezie - 50° aktivně (absolutní hodnoty)



Graf č. 18



Komentář ke grafům č. 17 a 18

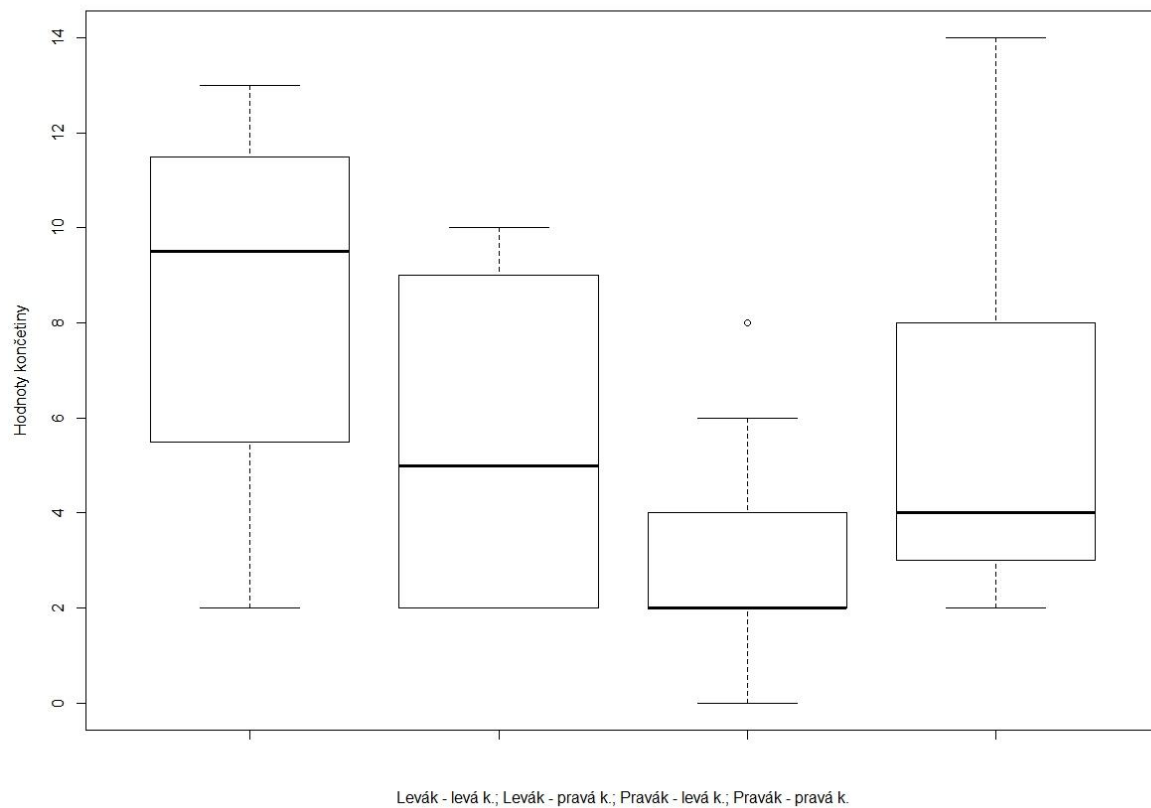
Ve skupině leváků bylo na LDK naměřeno $Me = 1,5^\circ$ ($SD = 0,9574271$), na PDK $Me = 2,5^\circ$ ($SD = 3,316625^\circ$). Ve skupině praváků bylo na LDK naměřeno $Me = 2^\circ$ ($SD = 6,071461^\circ$), na PDK $Me = 5,5^\circ$ ($SD = 5,180267$).

Mezi jednotlivými končetinami byl naměřen rozdíl: pro leváky $Me = -2^\circ$ ($SD = 3,304038^\circ$), pro praváky $Me = -1,5^\circ$ ($SD = 5,539568^\circ$)

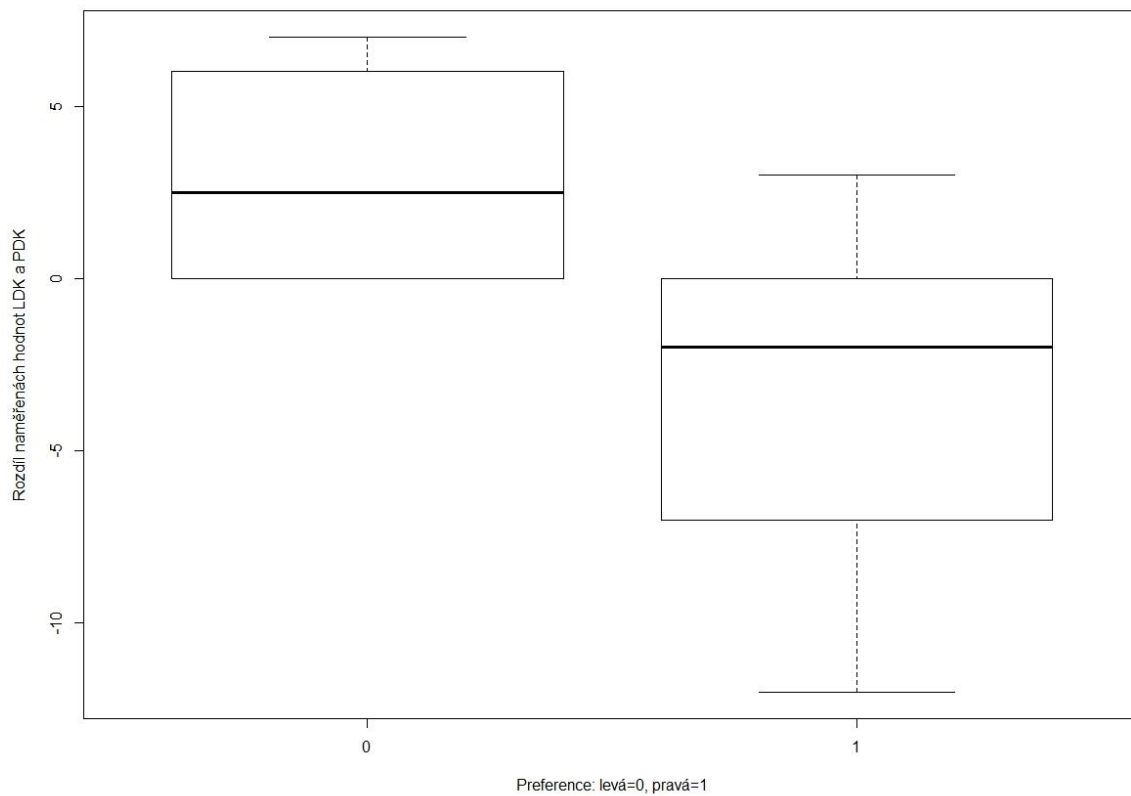
Hodnota p-value = 0,8882 ($p > 0,05$) - rozdíl mezi končetinami není statisticky signifikantní.

Graf č. 19 a 20

Graf měření: Statestézie a kinestézie - 100° aktivně (absolutní hodnoty)



Graf měření: Statestézie a kinestézie - 100° aktivně (rozdíl hodnot)



Komentář ke grafům č. 19 a 20

Ve skupině leváků bylo na LDK naměřeno $Me = 9,5^\circ$ ($SD = 4,654747^\circ$), na PDK $Me = 5^\circ$ ($SD = 4,123106^\circ$) Ve skupině praváků bylo na LDK naměřeno $Me = 2^\circ$ ($SD = 2,127786^\circ$), na PDK $Me = 4^\circ$ ($SD = 4,140393^\circ$).

Mezi jednotlivými končetinami byl naměřen rozdíl: pro leváky $Me = 2,5^\circ$ ($SD = 3,559026^\circ$), pro praváky $Me = -2^\circ$ ($SD = 4,673987^\circ$)

Hodnota p-value = 0,2142 ($p > 0,05$) - rozdíl mezi končetinami není statisticky signifikantní.

V celkovém pohledu na získána dat z měření statestézie a kinestézie lze říci, že u leváků byla ve 3 ze 4 provedených měření lepší PDK, naproti tomu u praváků byla u 3 ze 4 provedených měření lepší LDK. V těchto případech tedy lepší somatosenzorické vlastnosti vykazovala končetina nepreferovaná.

4.4 Analýza hypotéz

4.4.1 Hypotézy

H1: kvalita senzomotorické kontroly dolních kočetin se bude stranově lišit

H1₀: kvalita senzomotorické kontroly dolních kočetin se nebude stranově lišit

H2: vyšší kvalita senzomotorické kontroly bude patrna na preferované DK

H2₀: vyšší kvalita senzomotorické kontroly nebude patrna na preferované DK

4.4.2 Výsledky hypotéz

Na základě statistického zpracování naměřených dat jsme potvrdili hypotézů H1₀, kvalita senzomotorické kontroly se na dolních končetinách stranově nelišila.

Není tedy možné potvrdit následující hypotézy H2 a H2₀.

Přestože jsme ve statistickém zpracování nedospěli k žádnému statisticky signifikantnímu rozdílu, stojí za zmínku vysledovaný trend ve výsledcích měření statestzie a kinestezie, ve kterých lepší senzomotorickou kontrolu jevíly nepreferované DKK.

5 Diskuze

V této diplomové práci jsme se věnovali určení laterální preferenci dolní končetiny a hledali jsme, zda se tato vlastnost promítne do senzomotorické kontroly.

5.1 Testovací skupina

Vzhledem k faktu, že účelem této diplomové práce bylo analyzovat kvalitu somatosenzorického systému na dolních končetinách, zdá se nám volba fotbalistů jako nejvhodnější, vzhledem k charakteru tohoto sportu, ve kterém se primárně užívají dolní končetiny a zároveň se projevuje stranová preference jedné z končetin.

Například v atletice existují disciplíny, kde je důležitý odraz a v těchto případech je možné odlišit preferovanou DK od nepreferované, avšak tato volba je spíše podvědomá, ve fotbale se často setkáváme s momenty, kdy fotbalista vědomě volí raději svojí „silnější“ nohu.

Domníváme se, že důležitý je také fakt, že všichni testovaní jedinci hrají fotbal na „vrcholové“ úrovni a to po dobu minimálně 5 let, která podle nás dostačuje k vytvoření asymetrie dané charakterem druhu sportovní aktivity. Z doplňujících dotazů jasně vyplynulo, že všichni testovaní jedinci hrají fotbal na „vrcholové“ úrovni 10 a více let.

Naše testovaná skupina byla zastoupena pouze jednotlivci mužského pohlaví, což může být považováno za jednu z limitací. Dle Vařeky (2001) a Gutwinskiho et al. (2011) existuje rozdíl v zastoupení leváků mezi muži a ženami. Naproti tomu Gentry et Gabard (2001) uvádějí, že rozdíl mezi pohlavími je zanedbatelný. Pro účely této práce není potřebné srovnávat mezipohlavní rozdíly, protože jsme se snažili srovnávat preferovanou a nepreferovanou končetinu každého jedince.

Věkové zastoupení testované skupiny se nám zdá optimální. Gentry a Gabard (2001) na souboru více než 900 subjektů prokázali, že stranová preference se ustálí v 11 letech a dále se nemění. Naopak s přibývajícím věkem jsou všechny modality čítí hůře detekovatelné, nejvíce vibrační čítí. (Rooper et al., 2014)

5.2 Metodika testování

Jistou limitací této diplomové práce může být užití testů, které jsou zatížené mírou subjektivního zkreslení výsledků. Snažili jsme se proto vybrat takové testy, které se v odborné literatuře ukázali jako nejpřesnější (dvoubodová diskriminace z práce Cashina et McAuleyho (2017); grafestezie - Mørche et al. (2010), O'Sullivan et Schmitz (2007), Arnold et al. (2017); palestezie - Dissmann et Han (2006), statestezie a kinestezie - Vaňková (2014).

Aby jsme co nejvíce potlačili riziko subjektivního zkreslení výsledků, každé měření bylo zopakováno třikrát, všichni probandi byli měřeni stejným vyšetřujícím, vyšetření probíhalo ve stejné místnosti, po celou dobu měření byli používány identické nástroje. Všem testovaným osobám byl v předstihu vysvětlen postup měření a očekávaný výstup.

5.3 Výsledky praktické části

Jak je zřejmé z výsledků, z celkového počtu 18 probandů preferují 4 (22,2%) probandů levou DK, 14 (77,8%) probandů preferuje pravou DKK. Tento poměr, vzhledem k velikosti souboru přibližně odpovídá běžnému zastoupení v populaci, byť jsou tyto hodnoty poměrně široce rozptýlené (Gutwinski et al., 2011; Kang et Harris., 2000; Carey et al., 2010). V absolutních hodnotách je možné považovat skupinu preferující LDK za velmi malou, avšak domníváme se, že relativní zastoupení v celém souboru je dostačující.

Vzhledem k zjištěným výsledkům se přikláníme nejvíce k tvrzení Vařky (2005). Bez optimální funkce stojné dolní končetiny není možné provést optimální pohyb volnou dolní končetinou. Pokud je např. pravá dolní končetina při vykonávání určitého pohybu dominantní (ve smyslu lepšího výkonu), pak je to pravděpodobně dáno mimo jiné i tím, že jí levá dolní končetina zajistí lepší posturu (atitudu), než je schopna zajistit pravá dolní končetina pro vykonání pohybu levou dolní končetinou. (Vařka, 2005)

Navíc v případě dolních končetin musí každá končetina plnit během krokového cyklu obě funkce, jak funkci stojnou, tak funkci fázickou. (Sadeghi et al., 2000)

Lze tvrdit, že výsledky této diplomové práce tyto výroky potvrzují a na dolních končetinách nemůže (u zdravého jedince) být zaznamenán stranový rozdíl v kvalitě senzomotorické kontroly.

Výše zmíněné výsledky měření statestezie a kinestezie ve prospěch nepreferované končetiny, potvrzují hypotézy o důležitosti stojné dolní končetiny, avšak výsledky nejsou statisticky

signifikantní, a vzhledem k velikosti testovaného souboru by pro dokázání tohoto tvrzení bylo potřeba testování statestézie a kinestézie zopakovat na větší skupině probandů.

5.4 Odborná literatura

Testování silových a goniometrických vlastností dolních končetin z pohledu stranové asymetrie je v literatuře poměrně hojně zastoupené [Fousekis et al., (2010); Maupas et al., (2002); Delong et al., (2017); Bohm et al., (2015)]. Byť se výsledky jednotlivých studií rozcházejí, odborná literatura si tohoto tématu poměrně hojně všímá.

Co se týče somatosenzorických funkcí, je možné dohledat množství studií, testujících horní končetiny, což souvisí s úchopovou funkcí horní končetiny u člověka. Naproti tomu zdroje, které by se touto problematikou zabývali na dolních končetinách, chybí.

U stereognostických funkcí na HK ukazují studie na možnou specializaci pravé mozkové hemisféry na složité taktilní poznávání (Kolb et Wishaw, 1996) a tedy lepší stereognostické funkce na levé HK (Henderson et Pehoski, 2005) bez ohledu na její preferenci.

Ke stejným výsledkům dospěly Adamo et al. (2009) a Goble (2010) při testování statestézie a kinestézie.

Při testování propiocepce na horních končetinách, zdůrazňují někteří autoři důležitost zrakové kontroly (Goble et Brown, 2008). Preferovaná horní končetina totiž většinu času pracuje pod zrakovou kontrolou, kdežto nepreferovaná je pouze jakýsi „pomocník“. Tedy preferovaná HK vykazuje vyšší kvalitu propiocepce za současné zrakové kontroly, při jejím vyřazení je relativní kvalita propiocepce na straně končetiny nepreferované. (Gobel et Brown, 2008)

Zaměříme-li se detailněji na dolní končetiny, zjistíme, že míra stranové preference je ovlivněna funkcí dolních končetin, tedy lokomocí. Každá končetina musí plnit během krokového cyklu obě funkce, jak funkci stojnou, tak funkci fázičnou. (Sadeghi et al., 2000) Symetrii krokového cyklu napomáhají rovněž souhyby paží. (Kobayashi et al., 2013) Při pohybu dolních končetin hraje svou roli použitý lokomoční vzor (ipsilaterální nebo kontralaterální), výsledky se v těchto případech mohou lišit. (Ilnicka et al., 2013)

Přesto se někteří autoři shodují na tom, že lze dolní končetiny rozdělit podle jejich preference, či spíše na tomto místě užijeme termínu specializace, na končetinu propulzní a končetinu stabilizační. (Sadeghi et al., 2000; Matsusaka et al., 1985; Hirasawa, 1981; Rosenrot et al., 1980)

Se stoupající rychlostí chůze, potažmo běhu, se stranová asymetrie snižuje (Cavagna, 2006) stejně jako při zvyšující se síle proti pedálu při jízdě na kole (Carpes et al., 2007)

V případě posuzování asymetrie dolních končetin z pohledu jejich silových vlastností někteří autoři asymetrii prokazují (Carpes et al., 2007) někteří jí naopak popírají (McGrath et al., 2016). Jak je ovšem patrné, většina těchto studií testuje pouze malé skupiny (kolem 10 probandů), což může výsledek značně zkreslit (Kobayashi et al., 2013; de Riuter et al., 2010)

Závěrem bychom chtěli zmínit hojně zmiňovaný pojem „dominantní“ končetina, který jak je patrné výše v textu, není zcela vhodný a měl by být najrazován spíše pojmem „preferovaná“ končetina. Odborná literatura, z které tato práce čerpala ovšem pojem „dominantní“ používá a proto jsme se rozhodli uvádět v textu vždy původní terminologii.

5.5 Závěr diskuze

Jak již bylo výše zmíněno, neexistují literární zdroje pojednávající o senzomotorické kontrole ve vztahu k lateralitě na dolních končetinách. Pokud je nám známo, diplomové a bakalářské práce, zabývající se podobným tématem, testovali somatosenzorickou kontrolu vždy pouze na horních, nikoli dolních končetinách. Proto je nutné chápat tuto diplomovou práci jako pilotní projekt, ve kterém jsme se snažili sesbírat dostupná data ze světové literatury, vytvořit testovou sadu a interpretovat výsledky. Je samozřejmé, že naše práce trpí některými limitacemi (výše uvedeny), avšak jsme toho názoru, že metodika práce nám poskytla dostatečně relevantní data, umožňující nám posoudit naše hypotézy.

Závěr

Na první pohled se může vyšetření dolních končetin z hlediska senzomotorické kontroly jevit jako zbytečné, my jsme však chtěli v práci ověřit, zda existuje určitá míra asymetrie těchto funkcí vzhledem ke stranové preferenci. Dále nás zajímalo, na které straně se tato preference projeví, protože by se na první pohled mohlo zdát, že přesnější ciltivost bude na preferované DK, vzhledem k faktu, že se jedná o dolní končetiny, domnívali jsme se, že stejně tak může být vyšší kvalita senzomotorické kontroly na končetině nepreferované a to vzhledem k její funkci opory.

Výsledky nepotvrdili hypotézu o existenci stranového rozdílu senzomotorické kontroly na dolních končetinách, pouze v některých případech byl zjištěn statisticky nesignifikantní trend, který by bylo nutné ověřit v rozsáhlejší práci.

Referenční seznam

ADAMO, Diane E. a Bernard J. MARTIN. Position sense asymmetry. *Experimental Brain Research*. 2009, **192**(1), 87-95. DOI: 10.1007/s00221-008-1560-0. ISSN 0014-4819. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s00221-008-1560-0>

AMBLER, Zdeněk. *Základy neurologie: [učebnice pro lékařské fakulty]*. 7. vyd. Praha: Galén, c2011. ISBN 978-80-7262-707-3.

ARNOLD, Gabriel, Charles SPENCE a Malika AUVRAY. A unity of the self or a multiplicity of locations? How the graphesthesia task sheds light on the role of spatial perspectives in bodily self-consciousness. *Consciousness and Cognition*. 2017, , -. DOI: 10.1016/j.concog.2017.06.012. ISSN 10538100. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1053810017300387>

BAILEY, M.L. a W.F. MCKEEVER. A large-scale study of handedness and pregnancy/brith risk events: implications for genetic theories of handedness. *Laterality*. 2004, **9**(2), 175-188.

BELLAN, Valeria, SarahB. WALLWORK, Alberto GALLACE, Charles SPENCE a G. Lorimer MOSELEY. *Integrating Self-Localization, Proprioception, Pain, and Performance*. DOI: 10.12678/1089-313X.21.1.24. ISBN 10.12678/1089-313X.21.1.24. Dostupné také z: <http://www.ingentaconnect.com/content/10.12678/1089-313X.21.1.24>

BESTOVÁ, Zuzana. *Vliv Feldenkraisovy metody na tělesné schéma*. Praha, 2012. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace. Vedoucí práce Mgr. Magdaléna Lepšíková.

BOHM, S., F. MERSMANN, R. MARZILGER, A. SCHROLL a A. ARAMPATZIS. *Asymmetry of Achilles tendon mechanical and morphological properties between both legs*. 2015, **25**(1), e124-e132. DOI: 10.1111/sms.12242. ISSN 09057188. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/sms.12242>

BREDEWEG, S.W., I. BUIST a B. KLUITENBERG. Differences in kinetic asymmetry between injured and noninjured novice runners: A prospective cohort study. *Gait*. 2013, **38**(4), 847-852. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2013.04.014. ISSN 09666362. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966636213002038>

BRODAL, Per. *The Central Nervous System: Structure and Function*. New York, USA: Oxford University Press, 1992.

CARPES, Felipe P., Carlos B. MOTA a Irvin E. FARIA. On the bilateral asymmetry during running and cycling – A review considering leg preference. *Physical Therapy in Sport*. 2010, **11**(4), 136-142. DOI: 10.1016/j.ptsp.2010.06.005. ISSN 1466853x. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1466853X10000490>

CARPES, F.P., M. ROSSATO, J.E. FARIA a C BOLLI MOTA. Bilateral pedaling asymmetry during a simulated 40-km cycling time-trial. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2007, **47**(1), 47-51.

CASHIN, Aidan G a James H MCAULEY. Measuring two-point discrimination threshold with a caliper. *Journal of Physiotherapy*. 2017, **63**(3), 186-. DOI: 10.1016/j.jphys.2017.04.005. ISSN 18369553. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1836955317300553>

CAVAGNA, G. A. The landing-take-off asymmetry in human running. *Journal of Experimental Biology*. 2006, **209**(20), 4051-4060. DOI: 10.1242/jeb.02344. ISSN 0022-0949. Dostupné také z: <http://jeb.biologists.org/cgi/doi/10.1242/jeb.02344>

ČECH, Zdeněk. *Somatosenzorický systém: Fyzioterapeutické metodiky –1.roč. NMgr. fyzioterapie.*

ČECH, Zdeněk. *Lokální změna stereognostické funkce jako součást obrazu funkčních poruch.* Praha, 2003. Diplomová práce. FTVS UK v Praze.

ČIHÁK, Radomír. *Anatomie*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-3817-8.

DAMHOLT, V. a N. B. TERMANSEN. Asymmetry of Plantar Flexion Strength in the Foot. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 2009, **49**(2), 215-219. DOI: 10.3109/17453677809005754. ISSN 0001-6470. Dostupné také z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/17453677809005754>

DELANG, MD, M KONDRATEK, LJ DIPACE a T HEW-BUTLER. COLLEGIATE MALE SOCCER PLAYERS EXHIBIT BETWEEN-LIMB SYMMETRY IN BODY COMPOSITION, MUSCLE STRENGTH, AND RANGE OF MOTION. *Int J Sports Phys Ther*. 2017, **12**(7), 1087–1094.

DE RUITER, Cornelis Jo, Alex DE KORTE, Sander SCHREVEN a Arnold DE HAAN. Leg dominance in relation to fast isometric torque production and squat jump height. *European Journal of Applied Physiology*. 2010, **108**(2), 247-255. DOI: 10.1007/s00421-009-1209-0. ISSN 1439-6319. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s00421-009-1209-0>

DE VIGNEMONT, Frederique. Body schema and body image—Pros and cons. *Neuropsychologia*. 2010, **48**(3), 669-680. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.09.022. ISSN 00283932. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0028393209003789>

DISSMANN, P D. The tuning fork test--a useful tool for improving specificity in "Ottawa positive" patients after ankle inversion injury. *Emergency Medicine Journal*. 2006, **23**(10), 788-790. DOI: 10.1136/emj.2006.035519. ISSN 1472-0205. Dostupné také z: <http://emj.bmj.com/cgi/doi/10.1136/emj.2006.035519>

ED. BY ERIC R. KANDEL *Principles of neural science*. Internat. ed., 4. ed. New York, NY [u.a.]: McGraw-Hill, 2000. ISBN 00-711-2000-9.

ELIAS, Lorin J., M.P. BRYDEN a M.B. BULMAN-FLEMING. Footedness is a better predictor than is handedness of emotional lateralization. *Neuropsychologia*. 1998, **36**(1), 37-43.

FAGARD, J a R DAHMEN. Cultural influences on the development of lateral preferences: a comparison between French and Tunisian children. *Laterality*. 2004, **9**(1), 67-78.

FOUSEKIS, K, E TSEPIS a G VAGENAS. Multivariate isokinetic strength asymmetries of the knee and ankle in professional soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*. 2010, **50**(4), 465-74.

FRANCO, Priscila G., Karini B. SANTOS a André L. F. RODACKI. *Joint positioning sense, perceived force level and two-point discrimination tests of young and active elderly adults*. DOI: 10.1590/bjpt-rbf.2014.0099. ISBN 10.1590/bjpt-rbf.2014.0099. Dostupné také z: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext

GANONG, William F. *Přehled lékařské fyziologie: dvacáté vydání*. Praha: Galén, c2005. ISBN 80-726-2311-7.

GENTRY, Vickie a Carl GABBARD. Foot-Preference Behavior: A Developmental Perspective. *The Journal of General Psychology*. 2001, **122**(1), 37-45.

GLEVECKAS-MARTENS, Nida a Elena CRISAN. *Somatosensory System Anatomy* [online]. -: -, 2013 [cit. 2017-08-18]. Dostupné z: <http://emedicine.medscape.com/article/1948621-overview?pa=JgzDWyc6nQRUQgtYr1qeLAd2KnJpaDSkdK6EyFXu32MuPWlyRl0sA3isRgOlGMV4z91QQEEKxTYT8dNPgzhOALMb2%2BAxf%2F10jKoGV08O1Sc%3D#a1>

GLOVER, Vivette, Thomas G. O'CONNOR, Jonathan HERON a Jean GOLDING. Antenatal maternal anxiety is linked with atypical handedness in the child: the origin, evolution, and impact of doi moi. *Early Human Development*. 2004, 2000, **79**(2), 107-118. DOI:

10.1016/j.earlhumdev.2004.04.012. ISSN 03783782. Dostupné také z:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378378204000726>

GOBLE, Daniel J. Proprioceptive Acuity Assessment Via Joint Position Matching: From Basic Science to General Practice. *Physical Therapy*. 2010, **90**(8), 1176-1184. DOI: 10.2522/ptj.20090399. ISSN 0031-9023. Dostupné také z:
<http://academic.oup.com/ptj/article/90/8/1176/2738038>

GOBLE, Daniel J. a Susan H. BROWN. *Upper Limb Asymmetries in the Matching of Proprioceptive Versus Visual Targets*. DOI: 10.1152/jn.90259.2008. ISBN 10.1152/jn.90259.2008. Dostupné také z: <http://www.physiology.org/doi/10.1152/jn.90259.2008>

GOBLE, Daniel J., Brittany C. NOBLE a Susan H. BROWN. Proprioceptive target matching asymmetries in left-handed individuals. *Experimental Brain Research*. 2009, **197**(4), 403-408. DOI: 10.1007/s00221-009-1922-2. ISSN 0014-4819. Dostupné také z:
<http://link.springer.com/10.1007/s00221-009-1922-2>

GRIMM, Hans. *Základy konstituční biologie a antropometrie*. 2. vydání. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, 1961, 139 s. 572.5+611.9(021).

GURD, Jennifer M. a Patricia E. COWELL. Discordant cerebral lateralisation for verbal fluency is not an artefact of attention: evidence from MzHd twins. *Brain Structure and Function*. 2015, **220**(1), 59-69. DOI: 10.1007/s00429-013-0637-0. ISSN 1863-2653. Dostupné také z:
<http://link.springer.com/10.1007/s00429-013-0637-0>

GUTWINSKI, Stefan, Anna LÖSCHER, Lieselotte MAHLER, Jan KALBITZER, Andreas HEINZ a Felix BERMPOHL. Understanding Left-Handedness. *Dtsch Arztebl Int*. 2011, **108**(50), 849-53. DOI: 10.3238/arztebl.2011.0849.

HAN, Jia, Judith ANSON, Gordon WADDINGTON a Roger ADAMS. *Proprioceptive performance of bilateral upper and lower limb joints: side-general and site-specific effects*. DOI: 10.1007/s00221-013-3437-0. ISBN 10.1007/s00221-013-3437-0. Dostupné také z:
<http://link.springer.com/10.1007/s00221-013-3437-0>

HAN, Jintae, Soojin PARK, Seonghyun JUNG, Yeounsung CHOI a Hyunjoo SONG. Comparisons of changes in the two-point discrimination test following muscle fatigue in healthy adults. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015, **27**(3), 551-554. DOI: 10.1589/jpts.27.551. ISSN 0915-5287. Dostupné také z: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpts/27/3/27_jpts-2014-489/_article

HEAD, Henry. *Studies in Neurology*. 2. London: Oxford University Press, 1920.

HEAD, H. a G. HOLMES. Sensory disturbance from cerebral lesions. *Brain*. 1911, **34**(2-3), 102.

HENDERSON, Anne a Charlane. PEHOSKI. *Hand function in the child: foundations for remediation*. 2nd ed. St. Louis, Mo.: Mosby/Elsevier, c2006. ISBN 978-0-323-03186-8.

HEWIT, Jennifer K., John B. CRONIN a Patria A. HUME. Asymmetry in multi-directional jumping tasks. *Physical Therapy in Sport*. 2012, **13**(4), 238-242. DOI: 10.1016/j.ptsp.2011.12.003. ISSN 1466853x. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1466853X11001209>

HIRASAWA, Y. Left leg supporting human straight (bipedal) standing. *Saiensu*. 1981, , 32-44.

HOMOLKA, Pavel. *Diskriminační čítí u pacientů s chronickými vertebrogenními obtížemi*. Praha, 2008. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze 2. Lékařská fakulta Klinika rehabilitace. Vedoucí práce Doc. PaedDr. Pavel Kolář, CSc.

CHAPMAN, JP., LJ. CHAPMAN a JJ. ALLEN. The measurement of foot preference. *Neuropsychologia*. 1987, **25**(3), 579-84.

ILNICKA, Lidia, Zbigniew TRZASKOMA, Ida WISZOMIRSKA, Andrzej WIT a Michał WYCHOWAŃSKI. Lower limb laterality versus foot structure in men and women. *Biomedical Human Kinetics*. 2013, **5**(1), -. DOI: 10.2478/bhk-2013-0006. ISSN 2080-2234. Dostupné také z: <http://www.degruyter.com/view/j/bhk.2013.5.issue-1/bhk-2013-0006/bhk-2013-0006.xml>

JANDA, Vladimír a Dagmar PAVLŮ. *Goniometrie*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. Učební text (Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví). ISBN 80-701-3160-8.

KANDEL, Eric R., James H. SCHWARTZ a Thomas M. JESSELL. *Principles of Neural Science*. Fourth Edition. McGraw-Hill, 2000. ISBN 0-07-112000-9.

KANG, Y a LJ HARRIS. Handedness and footedness in Korean college studentns. *Brain Cogn*. 2000, , 268-274.

KAPRELI, Eleni, Spyros ATHANASOPOULOS, Matilda PAPATHANASIOU, Paul VAN HECKE, Nikolaos STRIMPAKOS, Athanasios GOULIAMOS, Ronald PEETERS a Stefan SUNAERT. Lateralization of brain activity during lower limb joints movement. An fMRI study. *NeuroImage*. 2006, **32**(4), 1709-1721. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2006.05.043. ISSN 10538119. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1053811906005817>

KERSTEIN, M.D. Successful rehabilitation following amputation of dominant versus nondominant extremities. *The American journal of occupational therapy*. 1977, **31**(5), 313-15.

KOBAYASHI, Yuji, Junjiro KUBO, Takeo MATSUBAYASHI, Akifumi MATSUO, Kando KOBAYASHI a Naokata ISHII. Relationship between Bilateral Differences in Single-Leg Jumps and Asymmetry in Isokinetic Knee Strength. *Journal of Applied Biomechanics*. 2013, **29**(1), 61-67. DOI: 10.1123/jab.29.1.61. ISSN 1065-8483. Dostupné také z: <http://journals.humankinetics.com/doi/10.1123/jab.29.1.61>

KOLÁŘ, Pavel. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, c2009. ISBN 978-80-7262-657-1.

KOLÁŘ, Pavel. Senzomotorická podstata posturálních funkcí jako základ pro nové přístupy ve fyzioterapii. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 1998, **5**(4), 142-147.

KOLÁŘ, P a Š OLŠANSKÁ. Funkční poruchy a kožní citlivost. *Medicina sportiva bohemika a slovakia*. 1996, (1), 9-13. ISSN 1210-5481.

KRÁLÍČEK, Petr. *Úvod do speciální neurofyzologie*. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Galén, c2011. ISBN 978-80-7262-618-2.

LEPŠÍKOVÁ, Magdaléna, Zdeněk ČECH a Pavel KOLÁŘ. Změny somatognozie v klinickém obraze chronických bolestivých poruch pohybového aparátu. *Medicina po promoci*. 2013, **14**(2), 42-47.

LOFFING, Florian, Florian SÖLTER, Norbert HAGEMANN a David CARRIER. Left Preference for Sport Tasks Does Not Necessarily Indicate Left-Handedness: Sport-Specific Lateral Preferences, Relationship with Handedness and Implications for Laterality Research in Behavioural Sciences. *PLoS ONE*. 2014, **9**(8), e105800-. DOI: 10.1371/journal.pone.0105800. ISSN 1932-6203. Dostupné také z: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0105800>

LONGO, Matthew R., Elena AZAÑÓN a Patrick HAGGARD. More than skin deep: Body representation beyond primary somatosensory cortex. *Neuropsychologia*. 2010, **48**(3), 655-668. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.08.022. ISSN 00283932. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002839320900339X>

MATSUSAKA, N., M. FUJITTA, A. HAMAMINA, T. NORIMATSU a R. SUZUKI. Relationship between right and left legs in human gait, from a viewpoint of balance control. *Biomechanics IX-A*. 1985, , 427-430.

MAUPAS, E, J PAYSANT, A.M DATIE, N MARTINET a J.M ANDRÉ. Functional asymmetries of the lower limbs. A comparison between clinical assessment of laterality, isokinetic evaluation and electrogoniometric monitoring of knees during walking. *Gait*. 2002, **16**(3), 304-312. DOI: 10.1016/S0966-6362(02)00020-6. ISSN 09666362. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966636202000206>

MCGRATH, Timothy M., Gordon WADDINGTON, Jennie M. SCARVELL, Nick B. BALL, Rob CREER, Kevin WOODS a Damian SMITH. The effect of limb dominance on lower limb functional performance – a systematic review. *Journal of Sports Sciences*. 2015, **34**(4), 289-302. DOI: 10.1080/02640414.2015.1050601. ISSN 0264-0414. Dostupné také z: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02640414.2015.1050601>

MCMANUS, I. C., Angus DAVISON a John A. L. ARMOUR. Multilocus genetic models of handedness closely resemble single-locus models in explaining family data and are compatible with genome-wide association studies. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2013, **1288**(1), 48-58. DOI: 10.1111/nyas.12102. ISSN 00778923. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/nyas.12102>

MEDUNOVÁ, Kateřina. *Ovlivnění tlakově-algické a vibrotaktilní citlivosti postizometrickou relaxací v lokalitě s myofasciálním trigger pointem*. Praha, 2011. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství. Vedoucí práce Mgr. Zdeněk Čech.

MĚKOTA, K. Syntetická studie o pohybové lateralitě. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Facultas Paedagogica Gymnica XIV*. 1984, , 93-122.

MØRCH, Carsten Dahl, Ole K. ANDERSEN, Alexandre S. QUEVEDO, Lars ARENDT-NIELSEN a Robert C. COGHILL. Exteroceptive aspects of nociception: Insights from graphesthesia and two-point discrimination. *Pain*. 2010, **151**(1), 45-52. DOI: 10.1016/j.pain.2010.05.016. ISBN 10.1016/j.pain.2010.05.016. Dostupné také z: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage>

NEGRETE, Rodney J., Elizabeth A. SCHICK a Joshua P COOPER. Lower-limb dominance as a possible etiologic factor in noncontact anterior cruciate ligament tears. *J Strength Cond Res*. 2007, **21**(1), 270-273.

NIU, Wenxin, Yang WANG, Yan HE, Yubo FAN a Qiping ZHAO. Kinematics, kinetics, and electromyogram of ankle during drop landing: A comparison between dominant and non-

dominant limb. *Human Movement Science*. 2011, **30**(3), 614-623. DOI: 10.1016/j.humov.2010.10.010. ISSN 01679457. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167945711000157>

O' CONAIRE, Eoin, Alison RUSHTON a Chris WRIGHT. The assessment of vibration sense in the musculoskeletal examination: Moving towards a valid and reliable quantitative approach to vibration testing in clinical practice. *Manual Therapy*. 2011, **16**(3), 296-300. DOI: 10.1016/j.math.2011.01.008. ISSN 1356689x. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1356689X11000257>

OOKI, Syuichi. An overview of human handedness in twins. *Frontiers in Psychology*. 2014, **5**, -. DOI: 10.3389/fpsyg.2014.00010. ISSN 1664-1078. Dostupné také z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2014.00010/abstract>

O'SULLIVAN, Susan B. a Thomas J. SCHMITZ. *Physical rehabilitation*. 5th ed. Philadelphia: F.A. Davis, c2007. ISBN 978-0-8036-1247-1.

ÖUNPUU, Sylvia a David A. WINTER. Bilateral electromyographical analysis of the lower limbs during walking in normal adults. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1989, , 429-38. DOI: 10.1016/0013-4694(89)90048-5. ISBN 10.1016/0013-4694(89)90048-5. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0013469489900485>

PAILLARD, J. Body schema and body image a double dissociation in deafferented patients. *Motor Control, Today and Tomorrow, 1*. 1999, , 197-214.

PAPPAS, Panagiotis, Giorgos PARADISIS a George VAGENAS. Leg and vertical stiffness (a)symmetry between dominant and non-dominant legs in young male runners. *Human Movement Science*. 2015, **40**, 273-283. DOI: 10.1016/j.humov.2015.01.005. ISSN 01679457. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167945715000068>

PAPPAS, Panagiotis, Giorgos PARADISIS a George VAGENAS. Leg and vertical stiffness (a)symmetry between dominant and non-dominant legs in young male runners. *Human Movement Science*. 2015, **40**, 273-283. DOI: 10.1016/j.humov.2015.01.005. ISSN 01679457. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167945715000068>

PETERS, Michael. Footedness: Asymmetries in foot preference and skill and neuropsychological assessment of foot movement. *Psychological Bulletin*. 1988, **103**(2), 179-192. DOI: 10.1037/0033-2909.103.2.179. ISSN 1939-1455. Dostupné také z: <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/0033-2909.103.2.179>

PITRON, Victor a Frédérique DE VIGNEMONT. Beyond differences between the body schema and the body image: insights from body hallucinations. *Consciousness and Cognition*. 2017, **53**, 115-121. DOI: 10.1016/j.concog.2017.06.006. ISSN 10538100. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1053810017300612>

PROSKE, Uwe. Kinesthesia: The role of muscle receptors. *Muscle*. 2006, **34**(5), 545-558. DOI: 10.1002/mus.20627. ISSN 0148-639x. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1002/mus.20627>

ROSENROT, P. Asymmetry of gait and the relationship to lower limb dominance. *Proc. Conf. Human Locomotion*. 1980, , 26-7.

ROSENROT, P., JC. WALL a J. CHARTERIS. The relationship between velocity, stride time, support time and swing time during normal walking. *J Hum Mov Stud*. 1980, **6**, 323-35.

RUEDL, Gerhard, Magdalena WEBHOFER, Kenneth HELLE, Martin STROBL, Alois SCHRANZ, Christian FINK, Hannes GATTERER a Martin BURTSCHER. Leg Dominance Is a Risk Factor for Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Recreational Skiers. *The American Journal of Sports Medicine*. 2012, **40**(6), 1269-1273. DOI: 10.1177/0363546512439027. ISSN 0363-5465. Dostupné také z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546512439027>

SADEGHI, Heydar, Paul ALLARD a Morris DUHAIME. Functional gait asymmetry in able-bodied subjects. *Human Movement Science*. 1997, **16**(2-3), 243-258. DOI: 10.1016/S0167-9457(96)00054-1. ISSN 01679457. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167945796000541>

SADEGHI, Heydar, Paul ALLARD, François PRINCE a Hubert LABELLE. Symmetry and limb dominance in able-bodied gait: a review. *Gait*. 2000, **12**(1), 34-45. DOI: 10.1016/S0966-6362(00)00070-9. ISSN 09666362. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966636200000709>

SANDERSON, David J. The influence of cadence and power output on the biomechanics of force application during steady-rate cycling in competitive and recreational cyclists. *Journal of Sports Sciences*. 1991, **9**(2), 191-203. DOI: 10.1080/02640419108729880. ISSN 0264-0414. Dostupné také z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640419108729880>

SMAK, W, R.R NEPTUNE a M.L HULL. The influence of pedaling rate on bilateral asymmetry in cycling. *Journal of Biomechanics*. 1999, **32**(9), 899-906. DOI: 10.1016/S0021-

9290(99)00090-1. ISSN 00219290. Dostupné také z:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0021929099000901>

STANISZEWSKI, Michał, Przemysław ZYBKO a Ida WISZOMIRSKA. Evaluation of Laterality in the Snowboard Basic Position. *Human Movement*. 2016, **17**(2), -. DOI: 10.1515/humo-2016-0015. ISSN 1899-1955. Dostupné také z:
<https://www.degruyter.com/view/j/humo.2016.17.issue-2/humo-2016-0015/humo-2016-0015.xml>

ŠLACHTOVÁ, Martina, Dorota BUJOKOVÁ a Kateřina NEUMANNOVÁ. Volba počáteční stojné (odrazové) dolní končetiny a její vliv na kvalitu provedení úkolů hrubé motoriky u dětí ve věku 4-6 let. *Česká kinantropologie*. 2011, **15**(4), 85-94.

TEMLETT, J.A. An assessment of vibration threshold using a biothesiometer compared to a C128-Hz tuning fork. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2009, **16**(11), 1435-1438. DOI: 10.1016/j.jocn.2009.03.010. ISSN 09675868. Dostupné také z:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0967586809002288>

TICHÝ, Jiří. Somatognózie, tělesné schéma, fenomén tělového a viscerálního fantomu a fantomové bolesti. *Časopis lékařů českých*. 2003, **142**(6), 331-334.

TRZASKOMA, Zbigniew, Lidia ILNICKA, Ida WISZOMIRSKA, Andrzej WIT a Michał WYCHOWANSKI. Laterality versus ankle dorsiflexion and plantarflexion maximal torques. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. 2015, **17**(2), 131-141. DOI: 10.5277/ABB-00025-2014-04.

TRZASKOMA, Zbigniew, Lidia ILNICKA, Ida WISZOMIRSKA, Andrzej WIT a Michał WYCHOWANSKI. Laterality versus jumping performance in men and women. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. 2015, **17**(1), 103-110. DOI: 10.5277/ABB-00030-2014-02.

VAGENAS, George a Blaine HOSHIZAKI. A Multivariable Analysis of Lower Extremity Kinematic Asymmetry in Running. *International Journal of Sport Biomechanics*. 1992, **8**(1), 11-29. DOI: 10.1123/ijspb.8.1.11. ISSN 0740-2082. Dostupné také z:
<http://journals.humankinetics.com/doi/10.1123/ijspb.8.1.11>

VAŇKOVÁ, Karolína. *Lokální změna vybraných parametrů somatostézie v reakci na strečink m. quadriceps femoris*. Praha, 2014. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace a tělovýchovného lékařství. Vedoucí práce Mgr. Zdeněk Čech.

VAŘEKA, Ivan. Laterality ve vývojové kineziologii a funkční patologii pohybového systému. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2001, **8**(2), 92-98.

VAREKA, Ivan a Emil ŠIŠKA. Lateralita - interdisciplinární problém. *Československá psychologie : časopis pro psychologickou teorii a praxi*. 2005, **49**(3), 237-249. ISSN 0009-062x.

VÉLE, František. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. Vyd. 2., (V Tritonu 1.). Praha: Triton, 2006. ISBN 80-725-4837-9.

VOJTA, Václav a Annegret PETERS. *Vojtův princip: svalové souhry v reflexní lokomoci a motorické ontogenezi*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-2710-3.

VOLÁKOVÁ, Veronika. *Změny schopnosti stabilizace a čítí na noze po zranění hlezna u volejbalistů*. Praha, 2012. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, 2. Lékařská fakulta, Klinika rehabilitace. Vedoucí práce PhDr. Tereza Nováková PhD.

VORACEK, MARTIN. DIGIT RATIO (2D: 4D), LATERAL PREFERENCES, AND PERFORMANCE IN FENCING. *Perceptual and Motor Skills*. 2006, **103**(6), 427-. DOI: 10.2466/PMS.103.6.427-446. ISSN 0031-5125. Dostupné také z: <http://asp.ammonsscientific.com/find.php?resource=PMS.103.6.427>

VUOKSIMAA, Eero, Markku KOSKENVUO, Richard J. ROSE a Jaakko KAPRIO. Origins of handedness: A nationwide study of 30161 adults. *Neuropsychologia*. 2009, **47**(5), 1294-1301. DOI: 10.1016/j.neuropsychologia.2009.01.007. ISSN 00283932. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0028393209000177>

VYSKOTOVÁ, Jana a Kateřina MACHÁČKOVÁ. *Jemná motorika: vývoj, motorická kontrola, hodnocení a testování*. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4698-2.

WIKSTROM, Erik A. a Gary ALLEN. *Reliability of two-point discrimination thresholds using a 4-2-1 stepping algorithm*. DOI: 10.1080/08990220.2016.1227313. ISBN 10.1080/08990220.2016.1227313. Dostupné také z: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08990220.2016.1227313>

WINTER, David A. a Susan E. SIENKO. Biomechanics of below-knee amputee gait. *Journal of Biomechanics*. 1988, **21**(5), 361-367. DOI: 10.1016/0021-9290(88)90142-X. ISSN 00219290. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/002192908890142X>

XU, Yi, Qinghua HOU, Chuhuai WANG, Andrew J. SELLERS, Travis SIMPSON, Bradford C. BENNETT a Shawn D. RUSSELL. Full Step Cycle Kinematic and Kinetic Comparison of Barefoot Walking and a Traditional Shoe Walking in Healthy Youth: Insights for Barefoot

Technology. *Applied Bionics and Biomechanics*. 2017, **2017**, 1-7. DOI: 10.1155/2017/2638908. ISSN 1176-2322. Dostupné také z: <https://www.hindawi.com/journals/abb/2017/2638908/>

ZHÁNĚL, J. a F. VAVERKA. Testování laterality dolních končetin. *Tělesná kultura*. 1990, **22**, 102-109.

ZIFCHOCK, Rebecca Avrin, Irene DAVIS a Joseph HAMILL. Kinetic asymmetry in female runners with and without retrospective tibial stress fractures. *Journal of Biomechanics*. 2006, **39**(15), 2792-2797. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2005.10.003. ISSN 00219290. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0021929005004471>

Handedness, footedness, eyedness and earedness in the Colorado Adoption Project. *British Journal of Developmental Psychology*. 1998, **16**(2), 167-174. DOI: 10.1111/j.2044-835X.1998.tb00916.x. ISSN 0261510x. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.2044-835X.1998.tb00916.x>

Thriller in Manila. Velká Británie, 2008.