

UNIVERZITA KARLOVA  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Katedra fyzioterapie

**Možnosti hodnocení vlivu výkonností zátěže na posturální funkce  
organismu – stanovení norem CDP pro sportující populaci**

Disertační práce

Vedoucí disertační práce:

Doc. PaedDr. Dagmar Pavlů. CSc.

Odborný konzultant:

MUDr. David Pánek, Ph.D.

Zpracovala:

Mgr. Helena Vomáčková

Praha, 2020

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma „Možnosti hodnocení vlivu výkonností zátěže na posturální funkce organismu – stanovení norem CDP pro sportující populaci“ zpracovala samostatně pod odborným vedením školitelky doc. PaedDr. Dagmar Pavlů, CSc. a ve spolupráci na úrovni odborných konzultací s MUDr. Davidem Pánkem, Ph.D.. Dále prohlašuji, že jsem uvedla všechny použité literární zdroje v seznamu použité literatury a dodržela zásady vědecké etiky. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 27. 7. 2020

.....  
Mgr. Helena Vomáčková

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda v první řadě poděkovala školitelce paní doc. PaedDr. Dagmar Pavlů. CSc. nejen za odborné vedení, inspiraci a trpělivost při zpracování této práce, ale i za podporu během studia a velký podíl na osobním růstu během spolupráce na katedře Fyzioterapie UK FTVS.

Dále mé poděkování patří odbornému konzultantovi panu MUDr. Davidu Pánkovi, Ph.D. za možnost činnosti v Kineziologické laboratoři katedry fyzioterapie UK FTVS a současně mu děkuji za profesionální i osobní přístup nejen v rámci zpracování práce.

Další velké poděkování patří panu Mgr. Janu Vávrovi z Katedry pravděpodobnosti a matematické statistiky UK MFF za cenné rady, trpělivost a pomoc při statistickém zpracování dat a výsledků.

V neposlední řadě patří mé obrovské díky celému kolektivu katedry Fyzioterapie UK FTVS, jmenovitě alespoň vedoucí katedry paní PhDr. Tereze Novákové, Ph.D. za podporu v životě, možnost spolupráce a profesního rozvoje v přátelském kolektivu fyzioterapeutů.

Na závěr chci poděkovat všem svým přátelům, synům Antonínovi a Vítkovi a celé své rodině, že je mám a že tu pro mě jsou.

Práce vznikla v rámci programu PROGRES na UK č. Q41 - Biologické aspekty zkoumání lidského pohybu.

## ABSTRAKT

**Název: Možnosti hodnocení vlivu výkonností zátěže na posturální funkce organismu – stanovení norem CDP pro sportující populaci**

**Cíl práce:** Hlavním cílem této disertační práce je stanovit normované hodnoty jednotlivých parametrů testovacích protokolů získatelných pomocí dynamické počítačové posturografie systému NeuroCom SMART EquiTest System (dále jen SMEQ). Dílčím cílem je porovnat stanovené hodnoty s existujícími hodnotami užívanými pro běžné hodnocení posturální stability softwarem měřicího přístroje. Dalším dílčím cílem je v rámci pilotního šetření stanovit reliabilitu jednotlivých testovacích parametrů.

**Metody řešení:** Data pro stanovení normovaných hodnot byla získána laboratorním měřením pomocí přístroje SMEQ a následně byla převedena, sjednocena a upravena pro další zpracování statistickým softwarem „R“. Pro stanovení normovaných hodnot byl použit vstupní data-set získaný od záměrně vybrané skupiny aktivních sportovců (n=245) ve zvoleném věkovém rozmezí 20 – 30 let s průměrným věkem 24,04 ( $\pm 1,23$  let), o průměrné tělesné výšce 173,29 ( $\pm 10,04$  cm), průměrné tělesné váze 68,46 ( $\pm 13,10$  kg) a průměrném BMI 22,67 ( $\pm 3,04$ ).

Pro výpočet predikovaných hodnot normy pro populaci sportovců, označované jako „Athles Norm 20-30“ (dále jen. „norm AN“) byl použit lineární smíšený model s náhodným absolutním členem, který svou konstrukcí respektuje (přítomností koeficientů ve vzorci modelu) počet opakování, zvyšující se náročnost, měnící se rychlost a časový sled specifických posturálních úloh, jež jsou dány designem jednotlivých testovacích protokolů.

Stanovení statistického rozdílu mezi hodnotami, nově vzniklé norm AN a referenčními hodnotami běžně nabízenými SMEQ softwarem, bylo provedeno pomocí Welchova t-testu na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Pro pilotní stanovení reliability jednotlivých testovacích protokolů byl použit výpočet korelačního koeficientu, kdy za vysokou spolehlivost byla brána hodnota  $r \geq 0,80$ .



**Výsledky:** Stanovené hodnoty norm AN jsou konstruovány jako jednostranné nebo oboustranné 95% predikční intervaly, jejichž meze by byly překročeny přibližně v 5% testovaných jedinců, kteří by dosáhli nežádoucích hodnot.

Výsledkem práce jsou kompletní normované hodnoty pro všechny parametry testovacího systému SMEQ, označované jako norm AN, které jsou doplněny i o hodnoty parametrů, ke kterým normované hodnoty prozatím neexistovaly.

Stanovením normovaných hodnot pro sportující populaci ve věku 20-30 let s možností integrace těchto údajů do vyhodnocovacího softwaru samotného SMEQ přístroje se nabízí široké uplatnění ve sféře výkonnostního sportu, a to na národní a vzhledem k rozšíření přístrojového vybavení SMEQ v Evropě a USA i na mezinárodní úrovni.

**Klíčová slova:** dynamická posturální stabilita, normy, NeuroCom SMART EquiTest System, výkonnostní sport

## ABSTRACT

**Title:** The Possibilities of Evaluation of the Sport Performance on the Postural Functions – CDP Normative Data for Sport Population

**Objective:** The main aim of the dissertation is to determine the standardized values (normative data) of individual parameters of test protocols obtainable with usage of dynamic computer posturography of the NeuroCom SMART EquiTest System (hereinafter SMEQ). The partial second goal is to compare the determined normative data with the existing values used for routine evaluation of postural stability given by the SMEQ software. Another partial goal is to determine the reliability of individual test parameters in an additional pilot survey.

**Methods:** Data for the determination of standardized values were obtained by laboratory measurements using the SMEQ system and subsequently were converted, unified and adjusted for further processing by statistical "software R". To determine the normative data, an input data-set obtained from a deliberately selected group of active athletes ( $n = 245$ ) in the selected age range of 20 - 30 years with an average age of 24,04 ( $\pm 1,23$  years), with an average body height of 173, 29 ( $\pm 10,04$  cm), mean body weight 68,46 ( $\pm 13,10$  kg) and mean BMI 22,67 ( $\pm 3,04$ ) was used.

To calculate the predicted normative data for the population of athletes, referred to as "Athles Norm 20-30" (hereinafter "norm AN") was used a linear mixed model with a random intercept. Its construction respects (presence of coefficients in the model formula) the number of repetitions, increasing complexity, changing speed and time sequence of specific postural tasks, which are given by the design of individual test protocols.

The determination of the statistical difference between the values created as the norm AN and the reference values commonly offered by SMEQ software was performed using the Welch t-test at the significance level  $\alpha = 0,05$ .

The calculation of the correlation coefficient was used for the pilot determination of the reliability of individual test protocols, where the value  $r \geq 0,80$  was taken as high reliability.

**Results:** The established values of the norm AN standards (normative data) are constructed as one-sided or two-sided 95% prediction intervals. Its limites would be exceeded in approximately 5% of the tested individuals who would reach undesirable values (too high or too low).

The result of the work are complete normative data for all parameters of the SMEQ test system (norm AN), which are supplemented by the parameter values for which standardized values have not yet existed.

By the setting normative data for the sporting population (norm AN) aged 20-30 with the possibility of integrating this data into the evaluation software of the SMEQ device itself, it offers a wide application in the field of performance sports - at the nationally and internationally level due to the expansion of SMEQ system in Europe and USA.

**Keywords:** dynamic postural stability, normative data, standardized values, NeuroCom SMART EquiTest System, performance sport

# OBSAH

ABSTRAKT .....	iii
ABSTRACT .....	v
OBSAH .....	vii
SEZNAM ODBORNÝCH TERMÍNŮ A ZKRATEK .....	x
1. ÚVOD .....	1
2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA.....	3
2.1 Vymezení teoretických pojmů.....	3
2.1.1 Základní terminologie .....	3
2.1.2 Posturální kontrolní mechanismy a strategie .....	5
2.1.3 Základní faktory ovlivňující posturální stabilitu .....	6
2.1.4 Řídící a výkonné složky posturální stability.....	7
2.1.5 Klinické hodnocení posturální stability.....	9
2.1.6 Přístrojové hodnocení posturální stability.....	9
2.1.6.1 Testování reaktivní posturální stability .....	10
2.1.6.2 Testování proaktivní posturální stability .....	11
2.2 Posturální stabilita ve sportu .....	12
2.3 Dynamická počítačová posturografie (CDP).....	15
2.3.1 Historie a vývoj CDP .....	15
2.3.2 Popis přístroje NeuroCom SMART EquiTest (SMEQ).....	16
2.3.3 Popis testovacích protokolů SMART EquiTest (SMEQ).....	20
2.3.3.1 Sensory Organization Test (SOT) .....	20
2.3.3.2 Limits of Stability (LOS) .....	24
2.3.3.3 Motor Control Test (MCT) .....	25
2.3.3.4 Adaptation Test (ADT).....	28
2.3.3.5 Rhythmic Weight Shift (RWS) .....	29
2.3.3.6 Weight Bearing/Squat (WBS) .....	29
2.3.3.7 Unilateral Stance (UNI) .....	30
2.3.4 Metodický popis měření.....	30
3. METODOLOGIE PRÁCE .....	32
3.1 CÍLE PRÁCE.....	32
3.2 VÝZKUMNÉ OTÁZKY.....	33
3.3 HYPOTÉZY .....	34
3.4 ÚKOLY PRÁCE .....	34
3.5 METODIKA PRÁCE .....	36
3.5.1 Metodický postup teoretické části práce .....	36
3.5.2 Metodický postup speciální výzkumné části práce .....	36
3.5.3 Charakteristika výzkumného souboru.....	37
3.5.4 Sběr dat.....	39

3.5.5	Analýza a zpracování dat .....	40
3.5.5.1	Stanovení normovaných hodnot norm AN .....	40
3.5.5.2	Stanovení statistického rozdílu mezi norm AN a norm NC .....	44
3.5.5.3	Stanovení reliability testovacích protokolů – pilotní studie .....	45
4.	VÝSLEDKY .....	50
4.1	Výsledky SOT – Sensory Organisation Test .....	51
4.1.1	SOT – Equilibrium Score (EQL) .....	52
4.1.2	SOT – Strategy Analysis (STRA) .....	55
4.1.3	SOT – Sensory Analysis (SEN) .....	57
4.2	Výsledky LOS – Limits of Stability .....	60
4.2.1	LOS – Reaction Time (RT) .....	61
4.2.2	LOS – Movement Velocity (MVL) .....	66
4.2.3	LOS – Directional Control (DCL) .....	71
4.2.4	LOS – Endpoint Excursion (EPE) .....	76
4.2.5	LOS – Maximal Excursion (MXE) .....	81
4.3	Výsledky MCT – Motor Control Test .....	86
4.3.1	MCT – Latency (LLT a RLT) .....	87
4.3.2	MCT – Amplitude Scaling (AM) .....	92
4.3.3	MCT – Weight Symmetry (WS) .....	94
4.3.4	MCT – Strength Symmetry (SS) .....	96
4.4	Výsledky ADT – Adaptation Test .....	98
4.4.1	ADT – Toes UP (TUP) a Toes Down (TDN) .....	99
4.5	Výsledky RWS – Rhythmic Weight Shift .....	103
4.5.1	RWS – On-Axis Velocity (V) .....	103
4.5.2	RWS - On-Axis Velocity Left/Right (LR-V) .....	104
4.5.3	RWS - On-Axis Velocity Front/Back (FB-V) .....	106
4.5.4	RWS - Directional Control (DC) .....	108
4.5.5	RWS - Directional Control Left/Right (LR-DC) .....	109
4.5.6	RWS - Directional Control Front/Back (FB-DC) .....	111
4.6	Výsledky UNI – Unilateral Stance .....	113
4.6.1	UNI - Mean COG Sway Velocity (SV) .....	113
4.7	Výsledky WBS – Weight Bearing/Squat .....	118
4.7.1	WBS - Percentage Weight Bearing/Squat (WBS) .....	118
5.	DISKUSE .....	120
5.1	Diskuse k cíli práce č. 1 .....	120
5.2	Diskuse k cíli práce č. 2 .....	128
5.3	Diskuse k cíli práce č. 3 .....	131
5.4	Diskuse k praktickým výstupům práce .....	135
6.	ZÁVĚR .....	138
7.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	140

8.	PŘÍLOHY.....	148
8.1	Seznam obrázků .....	149
8.2	Seznam tabulek.....	151
8.3	Seznam grafů .....	153
8.4	Seznam rovnic .....	154
9.	SEZNAM VOLNÝCH PŘÍLOH.....	155
I.	Příloha č. 1 - Informovaný souhlas.....	I
II.	Příloha č. 2 - SMEQ - přehled testových parametrů a podmínek.....	II
III.	Příloha č. 3 - SMEQ - přehled hodnot a testové statistiky .....	VII
IV.	Příloha č. 4 - SMEQ - reliabilita parametrů .....	XIV
V.	Příloha č. 5 - SMEQ - vstupní data-set (výběr 10ti jedinců) .....	XVII
VI.	Příloha č. 6 - grafické znázornění nově stanovených hodnot .....	XXI

## SEZNAM ODBORNÝCH TERMÍNŮ A ZKRATEK

ADL	Activities of Daily Living
AN	Athlets Norm 20-30
BMI	Body Mass Index
CDP	Computerized Dynamic Posturography
CNS	Centrální nervová soustava
COG	Centre of Gravity (vertikální projekce těžiště do opěrné báze)
COM	Centre of Mass (působíště tíhové síly, těžiště)
CON	Testovací situace (kondice)
COP	Centre of Pressure (působíště vektoru reakční síly působící od podložky)
DK, DKK	Dolní končetina, dolní končetiny
HK, HKK	Horní končetina, horní končetiny
ICC	Intraclass Correlations Coefficient
LCD	Liquid Crystal Display
LME	Linear Mixed Effects Model
MED	Median
NC	NeuroCom
SD	Standard Deviation
SEM	Standard Error of Mean
SEP	Standard Error of Prediction
SMEQ	Balance Manager System SMART EquiTest firmy NeuroCom® International

## 1. ÚVOD

Téma dynamické posturální stability ve sportu je často řešeným tématem nejen ve vztahu k výkonnosti sportovce, ale i ve vztahu k poruchám pohybového aparátu. V pracích řady autorů lze dohledat studie, které hodnotí dynamickou posturální stabilitu pomocí computerized dynamic posturography (CDP) využívající systémy Balance Master firmy NeuroCom.

Obecně se vychází z předpokladu, že výkonnostní sportovci aktivně zapojují v dokonalé souhře všechny senzorké systémy podílející se na udržení a řízení rovnováhy. Dalším častým předpokladem, který lze vysledovat v literatuře je i skutečnost, že sportovci se v rámci svého specifického sportovního zatížení, které je dané konkrétním sportem, liší v kvalitě posturální stability od běžné populace.

Výše uvedené předpoklady se ve výsledcích studií ne vždy naplnily, převážně z důvodu, že data, se kterými byly výsledky studií konfrontovány, nebyla dostatečně citlivá pro detailní vyhodnocení, vážící se ke konkrétnímu sportovnímu odvětví anebo nebyla dodržena jednotná metodika vyhodnocení s využitím kontrolních skupin.

Problematika specifické úrovně posturální stability ve výkonnostním sportu a vazbám na myoskeletární funkční poruchy je dlouhodobě řešena i na našem pracovišti v programech PRVOUK a PROGRES. Především v dílčím programu PROGRES Q41 byla provedena řada studií, které byly publikovány a popisují dílčí výsledky u vybraných sportů.

Nejen na základě vlastních zkušeností s laboratorním systémem NeuroCom SMART EquiTest, ale i na základě studia prací, které se zabývaly specifickým vlivem dlouhodobě provozovaného sportu na výkonnostní úrovni, bylo zjištěno, že vyhodnocení naměřených dat sportovců je třeba konfrontovat s hodnotami norem, které jsou více citlivé a detailní, než které jsou běžně dostupné ve vyhodnocovacím software měřicího přístroje. Referenční hodnoty, kterými vyhodnocovací software disponuje, jsou získány z dat běžné americké populace a byly vytvořeny pro posouzení jedinců s klinickými obtížemi poruch rovnováhy, s neuropatickými, neurologickými diagnózami či jinými patologiemi, nikoliv však pro vyhodnocení jemných nuancí „super“ zdravé populace sportovců.



K popisu změn úrovně parametrů dynamické posturální stability s vazbou na dlouhodobě aktivně provozovaný sport vznikla potřeba adekvátních referenčních dat, tj. normovaných hodnot, které by umožnily detailně vyhodnotit kvalitu posturálních funkcí sportující populace s využitím moderního přístrojového vybavení nabízející hodnocení pomocí computerized dynamic posturography (CDP).

## 2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA

### 2.1 VYMEZENÍ TEORETICKÝCH POJMŮ

#### 2.1.1 Základní terminologie

V této části práce jsou popsány pojmy, které jsou východiskem pro zpracování praktické části práce.

Níže v textu jsou definovány jednotlivé pojmy, tak jak se vyskytují v odborných publikacích, s ohledem na účel této práce, nikoliv však v kontextu rozsáhlé problematiky týkající se postury, posturální stability a jejího řízení (Bizovská et al., 2017; Bruijn et al., 2013; Enoka, 2008; Farlie et al., 2013; Gow et al., 2015; Horak et al., 1990; Scoppa et al., 2013; Sell, 2012; Winter, 1995; Winter et al., 1990).

Vymezení pojmu „postura“ se již věnovalo velké množství tuzemských i zahraničních autorů a na výroku Magnuse z roku 1924, „Each movement begins and ends with a posture. Posture follows movement like a shadow“, postavila svoje definice řada dalších autorů, avšak ne vždy jsou tyto chápány totožným způsobem (Sherrington, 1931). Kolář (2009) uvádí, že postura je základní podmínkou pohybu a tedy nastavení postury předchází jakémukoliv pohybu.

Dle Vařeky a Vařekové (2009) je obecně postura chápána jako aktivní držení těla a jeho segmentů (vlastní svalovou aktivitou) proti působení zevních sil (Vařeka et Vařeková, 2009). Véle (2006) ve své práci tvrdil, že ji lze vnímat jako klidovou polohu těla, která se vyznačuje určitou konfigurací pohyblivých segmentů. Kolář (2009) popisuje posturu jako „aktivní držení pohybových segmentů těla proti působení zevních sil“. Kdy silou, proti jejímuž působení má aktivně jedinec reagovat, myslí hlavně tíhovou sílu anebo jakoukoliv jinou zevní sílu, při jejímž působení na lidský organismus dojde k vychýlení těla a je potřeba běžnými posturálními mechanismy zareagovat tak, aby nedošlo k pádu. (Vařeka, I., Vařeková, 2009; Véle, 2006)

Z biomechanického hlediska bývá postura popisována jako orientace tělesných segmentů vzhledem k vektoru tíhové síly působící na jedince v gravitačním poli.

Enoka (2008) považuje posturu za neuromechanickou reakci, která velmi těsně souvisí s udržováním stability celého systému. Postura je realizována aktivním řízením motorických projevů z centrální nervové soustavy podle daného motorického programu za předpokladu neutrálního postavení všech zúčastněných kloubních struktur a minimálních nároků na energii. (Cameron, N. H., Monro, 2007)

Pod pojmem **posturální stabilita** je obecně chápána schopnost člověka zajistit vzpřímené držení těla a reagovat na změny působících zevních a vnitřních sil tak, aby nedošlo k nekontrolovanému nebo neřízenému pádu (Vařeka, 2002) Z širšího pohledu je posturální stabilita často chápána jako kontrola polohy celého lidského těla a při posturálním zajištění různých pohybových úkolů a situací. Z pohledu kineziologie ji Véle (2006) popisuje jako funkci posturální a lokomoční motoriky. Často je také popisována jako schopnost kontroly těžiště těla nad opěrnou plochou. (Shumway-Cook, A., Woollacott, 2011)

Jedná se tedy o nepřetržitý proces vyrovnávání prostého, leč labilního stoje, k jehož popisu je třeba definovat níže uvedené terminologické výrazy:

- **plocha kontaktu** (area of contact) je kontaktní plocha nohou s podložkou;
- **opěrná plocha** (area of support) je část kontaktní plochy, kde je realizována opora;
- **opěrná báze** (base of support) je definována jako plocha vzniklá spojením všech vnějších hranic opěrné plochy;
- **těžiště** (centre of mass, **COM**) je působiště tíhové síly, respektive se jedná o hypotetický bod, vzhledem ke kterému je výsledný moment tíhové síly (působící na jednotlivé segmenty těla) roven nule;
- **COG** (centre of gravity) je vertikální projekce COM do opěrné báze;
- **COP** (centre of pressure) je označení působiště vektoru výsledné reakční síly do podložky.

Za předpokladu statického stavu těla (lze tako uvažovat i klidný stoj) jsou COP a COG parametry, kterými lze zprostředkovat měřením na silových plošinách i polohu a pohyb COG:

**Limity stability** jsou specifické hranice vztahující se k individuální opěrné bázi, která vymezují prostor pro pozici COM respektive COG. Limity stability bipedálního stoje jsou maximální vzdálenosti (resp. úhle, od kterých se může odklonit vertikální osa jednice) v jakémkoliv směru, kdy při vychýlení nedojde ke změně opěrné báze. Tyto výchylky vytvářejí tvar pláště kužele a z biomechanického pohledu nabízí model převráceného kyvadla. (Vařeka, 2002a)

V případě, že se nachází lidský organismus v klidové poloze, tj. z fyzikálního pohledu nemění svou opěrnou bázi, je definována posturální stabilita jako statická. Je-li tělo v pohybu, při kterém dochází i ke změně opěrné báze, jedná se o posturální stabilitu dynamickou (Shumway-Cook, A., Woollacott, 2011)

V literatuře je zavedeno mimo jiné další rozlišení, které vedle statické a dynamické posturální stability definuje i funkční posturální stabilitu. (Nashner & McCollum, 1985) Dle těchto autorů **statická posturální stabilita** zajišťuje omezení pohybu COG nad neměnnou opěrnou bázi. **Dynamická posturální stabilita** se týká schopnosti kontrolovaně posunovat COG v rámci neměnné opěrné báze. Dynamickou posturální stabilitu lze kvantifikovat a hodnotit s využitím testů, při nichž se nemění opěrná báze. Toto dělní, jež je uvedeno v práci Bizovské et al. (2017), obsahově i formulačně respektuje tato práce.

Výše popsaná práce Bizovské et al. (2017) je velmi precizním dílem popisující rovnováhu a možnosti jejího hodnocení, na kterou se tato práce odkazuje, neboť cílem samotné práce není opisování a předefinovávaní všeobecně známých termínů, zvláště když se lze, v problematice postury, posturální stability, stabilizace včetně jejího řízení, setkat s mnoha terminologickými a faktickými nesrovnalostmi.

### **2.1.2 Posturální kontrolní mechanismy a strategie**

V rámci popisu posturální kontroly se v literatuře vychází z autorů (Enoka, 2008; Latash, 2008; Scoppa et al., 2013; Shumway-Cook, A., Woollacott, 2011; Shumway-Cook & Horak, 1986; Véle, 2006), kteří se vzájemně doplňují při popisu účelově orientovaného

organizovaného modelu, který je založen na funkčním adaptabilním chování, které je zajišťováno spoluprací a integrací aferentních a eferentních vstupů do CNS.

Posturální kontrola je založena na komplexní integraci muskuloskeletálního a nervového systému, jež kromě nastavení pohybového aparátu tvořeného svaly, vazy, kloubními pouzdry, kloubu vyžaduje i integraci sensorických systémů (vizuálního, vestibulárního a somatosenzorického). (Latash, 2008; Véle, 1997)

Zajištění a řízení funkční posturální stability je uskutečňováno pomocí strategií, často označovaných jako stabilizační synergie. Kontrolní strategie lze rozlišovat na reaktivní či proaktivní (anticipační), nebo na statické a dynamické.

Podílí-li se rovnovážné reakce na udržení stability v rámci nezměněné plochy kontaktu, jedná se o statickou strategii. Statická strategie se však mění v dynamickou, v případě, že je třeba změnit plochu kontaktu (ú krokem, zachycením se opory) z důvodu nezajištění změny COP a COG v rámci opěrné báze, tak jak ve svých pracích uvádí (Horak, 2006; Vařeka, 2002b; Winter, 1995, 2009). Včasná volba použité strategie je závislá na současném fyzickém a psychickém stavu, na předchozí zkušenosti (Horak, 2006)

Kromě zmíněných mechanismů se na udržení posturální stability podílí celý posturální systém prostřednictvím principů otevřených (open loop a closed loop) a uzavřených kinematických řetězců. (Peterka & Loughlin, 2004; Vařeka, 2002b; Véle, 2006)

### **2.1.3 Základní faktory ovlivňující posturální stabilitu**

O funkční dynamické posturální stabilitě lze hovořit jako o procesu kontinuálního zaujímání určité polohy. Její řízení je ovlivňováno nejen biomechanickými a neurofyzilogickými faktory, přesto se nesmějí opomínat i další faktory, např. psychické nebo kognitivní. (Vařeka, 2002b)

Za nejvýznamnější faktory ovlivňující posturální stabilitu jsou považovány věk a hmotnost jedince, stejně tak jako pohybová aktivita doprovázející jedince v jeho sportovní nebo pohybové historii (De Araújo et al., 2014; M. Huang et al., 2020; Legrand et al., 2012; Russo et al., 2015) S přibývajícím věkem se pochopitelně posturální stabilita zhoršuje (Liaw et al., 2009; Russo et al., 2015)

Mezi faktory neurofyziologické, ovlivňující posturální stabilitu, lze zařadit kromě vlivu prostředí, psychického vlivu také faktory multisenzorické dané funkcí zrakových, vestibulárních, proprioceptivních a kožních informací. (Shumway-Cook, A., Woollacott, 2011)

Dalšími faktory ovlivňující udržení posturální stability jsou psychické rozpoložení jednice za neopomíjené aktuální funkce vnitřních orgánů. Psychika má obecně formativní vliv na držení těla a velmi významně ovlivňuje i volbu a proces výběru vhodného programu k obnovení či udržení posturální stability. Posturální stabilita je ovlivněna také určitou mírou pozornosti a motivací k výkonu (Juras & Wit, 2016; Peterka & Loughlin, 2004; Proske & Gandevia, 2009; Shlamkovitch et al., 2017)

Nadměrná psychická tenze, obavy, úzkosti nebo strach z nezvládnutí dané situace, vedou dle Vařeky (2002a) ke zvýšení svalového napětí, které může negativně ovlivnit základní motorickou složku přispívající ke koordinaci pohybu. Současně při emočním stresu nebo při nociceptivním dráždění má jedinec tendenci ke změně držení těla a povětšinou i k omezené pohybové aktivitě. (Vařeka, 2002b)

#### **2.1.4 Řídící a výkonné složky posturální stability**

Na základním mechanismu zajištění funkční posturální stability se podílejí vzájemně spolupracující tři složky – sensorická, řídicí a výkonná. Sensorická složka je tvořena zrakem - vizuální složkou, vestibulární složka je tvořena statokinetickým aparátem a proprioceptivní systém je tvořeným receptory, převážně svalovými vřeténky a šlachovými tělísky. Výkonná složka je zastoupena muskuloskeletálním systémem (součástí pasivního subsystému je kostěný a vazivový aparát, součástí aktivního subsystému je svalový aparát, včetně svalstva hlubokého stabilizačního systému a posturálních svalů). Za řídicí složkou je považována centrální nervová soustava (CNS) (mozek a mícha), ačkoliv motorické odpovědi jsou řízeny na třech úrovních a to: kortikální, subkortikální a spinální. Informace z CNS je přenášena na periferní nervový systém, který řídí aktivitu výkonného orgánu, jíž jsou kosterní svaly. (Latash, 2008; Véle, 2012)

Primární podmínkou udržení vzpřímeného stoje je posturální svalový tonus, jeho distribuce regulovaná reflexními mechanismy vycházejících z propriospinálních míšních

okruhů, okruhů mozkového kmene, mozečku a subkortikálních center. Nemalou měrou se podílí na udržování aktivity spinálních motoneuronů i aference z kožních exteroceptorů a vliv předcházejících zkušeností, kdy proces komplexních reakcí je závislý na propojení limbického systému a kortexu. (Bizovská et al., 2017; Trojan, S.; Druga, R.; Pfeiffer, 1991)

Zásadní roli v kontrole orientace těla ve vzpřímeném stoji a stabilizaci těla vůči vnějším podmínkám, vedoucím k výchytkám, hrají senzory informací z mnoha senzorytických systémů, především se jedná o vizuální, vestibulární a somatosenzorytický systém. (Véle, 1995)

**Vizuální** aparát se dle autorů zabývající se touto problematikou, výrazně podílí na řízení kontroly vzpřímeného stoje zvláště díky perifernímu vidění. Přínos periferního vidění k posturální kontrole je současně závislý na ostatních informacích, převážně ze somatosenzorytických informací z proprioceptorů hlezenního kloubu a drobných kloubů nohy (Ledin et al., 2004; Roerdink et al., 2011; Vuillerme et al., 2005) Zrak poskytuje CNS informaci o pohybech a aktuální pozici těla v závislosti na vnějším prostředí (Bruijn et al., 2013)

**Vestibulární** aparát zajišťuje posturální reflexní reakce, které se podílejí na kontrole pozice hlavy a trupu ve vzpřímené poloze v klidu i při pohybu. Další funkcí vestibulárního aparátu je stabilizace zobrazovaného obrazu v zorném poli, kdy receptory (statické a kinetické čidlo) detekují úhlové a gravitační zrychlení hlavy a zrychlení těla při přemístování. (Bruijn et al., 2013)

**Somatosenzorytický**, systém, zastoupený proprioceptory, přijímá informace z vnitřního a vnějšího prostředí, které se následně šíří do mozkové kůry (Proske & Gandevia, 2012). V práci Véleho (2006) lze dohledat informaci, že proprioceptivní systém hraje zásadní roli v zajištění posturální stability ve vzpřímeném klidném stoji, zatímco Huang et al. (2014) přiřazují jeho hlavní funkci při sportovních činnostech. (P. Y. Huang et al., 2014; Winter, 1995). Somatosenzorytický systém kontroluje posturální kontrolu především při stoji stabilním povrchu, na nestabilním povrchu se na řízení kontroly více podílí vizuální a vestibulární kontrola. (Bizovská et al., 2017; Maurer et al., 2000; Proske & Gandevia, 2009; Shumway-Cook, A., Woollacott, 2011)

Dle Peterky (2004) se při stoje na pevné podložce zdravý jedinec spoléhá ze 70 % na propioceptivní systém, z 20 % na vestibulární aparát a z 10 % na zrak. Čím více je povrch nestabilní, tím více se zvyšuje poměr informací ze zrakového a vestibulárního aparátu. (Peterka & Loughlin, 2004)

### **2.1.5 Klinické hodnocení posturální stability**

Posturální stabilita stoje je v klinické praxi nejčastěji testována pomocí základních technik využívající jednoduché funkční testy nebo pomocí komplexnějších škál a baterií, které hodnotí nejen rovnováhu stoje, ale jsou často spojovány s dalšími funkčními testy stoje, změn poloh a chůze. Pro objektivní přístrojové hodnocení posturální stability jsou nejčastěji využívány silové plošiny, které slouží k měření reakčních sil působících od podložky anebo tlakové plošiny určené pro měření tlaku způsobeného kontaktem nohou s podložkou. (Bizovská et al., 2017; Goodworth et al., 2014; Goodworth & Peterka, 2012; Horak et al., 2009; Tyson & Connell, 2009; Vomáčková, Pavlů, et al., 2020; Yelnik & Bonan, 2008)

### **2.1.6 Přístrojové hodnocení posturální stability**

Klinické testy mohou být leckdy užitečné pro detekci senzorio-motorických poruch, většinou poskytují pouze základní a obecný obraz o kvalitě funkčnosti posturální kontroly. Na detailní analýzu posturálního chování a její kontroly je třeba systematických přístrojových metod, tak aby bylo možné zaznamenat a analyzovat kinetické, kinematické a případně i elektrofyziologické parametry posturálního chování. (Fransz et al., 2016; Goodworth & Peterka, 2012; Juras & Wit, 2016; Leitner et al., 2009; Paillard, 2012)

Posturografie je obecné označení přístrojového vyšetření posturální stability. Posturografické vyšetření využívá silových plošin – měřící reakční síly působící od podložky a tlakových plošin – umožňující měření tlaku na kontaktu těla s měřící plošinou. Ve vzpřímeném stoje jsou ze silových, tlakových a dalších charakteristik získány



základní informace o stavu reaktivní posturální stability, jež je označována jako statická posturografie (stabilometrie) rovnováha. Naproti tomu, dynamická posturografie (dynamometrie) vyhodnocuje dle Shella (2010) schopnost testované osoby přenášet COP kolem opěrné báze. Dále poukazuje na skutečnost, že tato metoda je s lepšími výsledky a citivostí testovaných parametrů, aktuálně využívána především u sportující populace. (Sell, 2012) Jedním z důvodů je také lepší výpovědní hodnota a aplikovatelnost, i přes fakt, že se některé dynamické posturální testy jsou testovány ve ztížených podmínkách, jako je například vyloučení zraku, stoj na jedné končetině, nebo případně za současného experimentálně vytvořeného rušivého zevního prostředí.

#### **2.1.6.1 Testování reaktivní posturální stability**

Jedním z principů, který je využit v tomto typu měření je plnění testového úkolu, kdy se testovaná osoba snaží reagovat na jakékoliv vyrušení z rovnovážného stavu. Úkolem testovaného je snaha o setrvání v co nejstabilnější poloze po dobu určitého časového úseku, nebo v co nejkratším čase ustálení polohy po odeznění zevního stimulu. Testování reaktivní posturální stability je většinou omezeno časovým úsekem a za různých vizuálních podmínek (otevřené nebo zavřené oči). Základním testem bývá prostý stoj o preferované individuální šířce opěrné báze na pevné podložce. Základním objektivním měřeným výstupem těchto testů je trajektorie COP v čase.

Druhou možností testování reaktivní posturální stability je analýza reakcí testované osoby, která byla vyrušena z klidového stoje. Vzhledem ke konstrukčním možnostem přístrojů se za takovéto vyrušení může považovat neočekávaný translační nebo rotační pohyb vyšetřující plošiny v některé ze základních rovin. Požadované splnění úkolu je setrvání ve vzpřímeném stoji beze změny opěrné báze. Výsledkem obvykle bývají bezrozměrné inertní skóre, odvozené od pohybu COP.

Třetí možností testování reaktivní posturální stability je pomocí testování posturálních reakcí osoby na základě změny vnějšího prostředí. Testovaná osoba musí v průběhu testu reagovat na změnu okolí (vizuálního prostředí) či na pohybující se

předmět v zorném poli nebo měnící se vizuální (virtuální) scénu. (Gow et al., 2015; Hamacher et al., 2011; Scoppa et al., 2013)

#### **2.1.6.2 Testování proaktivní posturální stability**

Další posturografickou možností je testování proaktivní posturální stability, kdy testovaná osoba vědomě a cíleně manipuluje s polohou těžiště, nebo záměrně mění polohu svého COP k dosažení cíle. Proaktivní typ testování je často zkombinován s vizuální zpětnou vazbou (např. LCD). Výstupem tohoto typu měření je tvar trajektorie COP a informace o míře přesnosti jeho pohybu či informace o časovém úseku, který je třeba pro splnění testového úkolu. (Gow et al., 2015; Hamacher et al., 2011; Ruhe et al., 2010; Scoppa et al., 2013; Tjernström et al., 2010)

Jedním z nejvyužívanějších a nejnámějších testů proaktivní posturální stability je testování tzv. limitů stability. Jedním z typických testů je, že testovaná osoba stojí ve středu testovací plošiny a naklání se do předem definovaných směrů, případně průmětem svého COP má docílit přesně definovaných cílů umístěných po obvodu pomyslné hranice limitů stability. Výsledek testu je informace o maximálním přemístění COP vzhledem k počáteční poloze. Test je v tomto případě doprovázen vizuální biofeedbackem v podobě informace o aktuální poloze COP. (Gow et al., 2015; Hamacher et al., 2011; Ruhe et al., 2010; Scoppa et al., 2013; Tjernström et al., 2010)

Dynamická počítačová posturografie nabízí ve svých testovacích systémech jak izolované, tak komplexní testování sensorických funkcí. (Chaudhry et al., 2011; Kolář, 2009; Sell, 2012)

Diagnostické a terapeutické zařízení NeuroCom SMART EquiTest System (SMEQ) je jedním z moderních představitelů systému dynamických počítačových posturografů (Computer Dynamic Posturography – dále jen „CDP), který nabízí mimo jiné i testování reaktivní a proaktivní posturální stability, čímž umožňuje objektivizaci kvalit posturálních funkcí. (Vomáčková, Pavlů, et al., 2020)

## 2.2 Posturální stabilita ve sportu

Vhledem k efektu motorického učení (Wrisley et al., 2007), úsilí a motivaci sportující populace lze u aktivních sportovců očekávat v porovnání s běžnou populací i rozdílnou kvalitu posturálních funkcí. Studie, které poukazují na změnu kvalit posturální stability, potvrzují vazbu sportovního výkonnostního růstu a úrovně pohybové aktivity na vyšší úroveň posturální stability (Heleno et al., 2016; Jakobsen et al., 2011; Thierry Paillard, 2012; Pau et al., 2015; Yamada et al., 2012)

Některé studie jednoznačně prokázaly, že sportovci mají lepší rovnovážné schopnosti než nesportující populace (Liang et al., 2019; Paillard & Noé, 2006; Wrisley et al., 2007) a že rozsah a frekvence tréninkových jednotek se, jako jeden z mnoha faktorů, podílejí na kvalitě posturální stability. (M. Huang et al., 2020)

Existuje celá řada studií, které potvrzují vliv tréninkového procesu na zlepšení motorických dovedností. Z jejich výsledků vyplývá, že jedinci, kteří jsou podrobováni pravidelnému tréninkovému procesu, mají výrazněji vyvinuté adaptační mechanismy vyžadované v rámci udržení postury. (Olchowik & Czwalik, 2020; Tjernström et al., 2010; Trueblood et al., 2018)

Can (Can et al., 2014) popsali, že pravidelným sportovním tréninkem dochází společně se změnou svalové aktivity i k snížení reakční doby, jež je jedním z parametrů vyhodnotitelných při kvalifikaci posturálních funkcí. Schopnost sportovců, přesně a rychle vyhodnotit a vnímat relevantní informace z okolí, usnadňuje rozhodování a nabízí i větší časový prostor pro přípravu a organizaci posturálního motorického chování. K podobným výsledkům došli i autoři (Elly et al., 2010; Manchado et al., 2017), kdy ve svých pracích popsali vliv kvality posturální stability a tzv. core tréninku na rychlosti střely míčem. Práce Mccartneyeho (Mccartney & Forsyth, 2017) a dalších autorů popsali vliv stability prostého stoje na úroveň koordinovaných, plynulých a optimálně rychle provedených tenisových úderů. (Gioftsidou et al., 2006; Kallistratos et al., 2010; Sanchis-Moysi et al., 2011)

Z výše uvedeného je patrné, že tematikou dynamické posturální stability ve sportu, se zabývá mnoho autorů již po řadu let. A je zřetelné, že posturální stabilita, fyzická kondice sportovce, koordinovaný pohyb a schopnost ekonomizace pohybu jsou nepostradatelným prvkem v jakékoliv výkonnostní sportovní aktivitě. (Enoka, 2008;

Faraldo-García et al., 2012; Kunugi et al., 2018) Schopnost kvalitní posturální stability a její vývoj je závislý na typu, intenzitě a výkonnostní úrovni konkrétního sportu (Asadi et al., 2015; Benis et al., 2016; Clark & Rose, 2001; Curtolo et al., 2017; Elly et al., 2010; Gautier et al., 2008; Gonzalo-Skok et al., 2015; Gstöttner et al., 2009; Guedes & João, 2014; Jadcak et al., 2019; Jakobsen et al., 2011; Kallistratos et al., 2010; Liang et al., 2019; Notarnicola et al., 2015; Olchowik & Czwalik, 2020; Rein et al., 2011; Sell, 2012; Trueblood et al., 2018; Vuillerme et al., 2005)

Liang (2019) ve své práci prokázala, že sportovci provozující kontaktní sporty, dosahují v porovnání s nespportujícími lepších výsledků v hodnocení posturální stability. (Liang et al., 2019)

Objektivizací, popisem a sledováním kvalit posturálních funkcí organismu v jednotlivých sportech se zabývá mnoho autorů (Asadi et al., 2015; Borghuis, 2013; Brito et al., 2012; Clark & Rose, 2001; Heleno et al., 2016; Horák et al., 2017; Liaw et al., 2009; Pang et al., 2011; Ricotti, 2011; Tsang et al., 2011; Wallmann, 2004; Yuntao et al., 2017).

Lze dohledat i práce hodnotící dynamickou posturální stabilitu pomocí computerized dynamic posturography (CDP) systémů Balance Master firmy NeuroCom (Alonso et al., 2009; Chow et al., 2016; Faraldo García et al., 2015; Gstöttner et al., 2009; Lohkamp et al., 2009; Martin-Sanz et al., 2017; Olchowik & Czwalik, 2020; Pletcher et al., 2017; Yuntao et al., 2017).

Problematika specifické úrovně posturální stability ve vztahu k sportovnímu odvětví a funkčním poruchám pohybového aparátu je na našem pracovišti dlouhodobě řešena v programech PRVOUK a ROGRES. Především v dílčím programu PROGRES Q41 byla provedena i řada dílčích studií, z kterých vznikly i rozsáhlé práce popisující dílčí výsledky. (Karšayová et al., 2020; Vomáčková, Pavlů, et al., 2020) Některá dílčí data, získaná v rámci hodnocení posturální stability sportovců, byla použita pro realizaci několika diplomových prací (Hlaváčková, 2017; Kania, 2017; Karšayová, 2019; Kučera, 2020; Pešková, 2020; Vrubelová, 2019; Zámečník, 2018; Živcová, 2020).

Práce vycházely z předpokladu, že výkonnostní sportovci aktivně zapojují všechny senzorké systémy podílející se na udržení a řízení rovnováhy a že se v rámci svého specifického zatížení, které je dané konkrétním sportem, budou lišit od skupiny, věkově stejně ohraničených, zdravých jedinců. Tyto předpoklady se ne vždy potvrdily,

převážně z důvodu, že data, s kterými byly výsledky konfrontovány, nebyla dostatečně citlivá pro detailní vyhodnocení nuancí, vážících se ke konkrétnímu sportovnímu odvětví.

Ze studia literatury, týkající se hodnocení posturální stability sportovců a na základě výsledků dílčích studií v rámci PROGRES Q41 vznikla, k provedení dalších a rozsáhlejších studií, potřeba adekvátních referenčních hodnot, které by umožnily detailně vyhodnotit kvalitu posturálních funkcí sportující populace s využitím CDP.

## 2.3 DYNAMICKÁ POČÍTAČOVÁ POSTUROGRAFIE (CDP)

### 2.3.1 Historie a vývoj CDP

Přístrojový počítačový systém hodnotící dynamické posturografické vyšetření - *Computerised Dynamic Posturography* (dále jen „CDP“) umožňuje objektivně hodnotit kvalitu dynamické posturální stability pomocí přístroje Balance Manager System SMART EquiTest firmy NeuroCom® International, Inc. Clackamas, OR<sup>1</sup> (dále jen „SMEQ“).

CDP je metoda, která je uvedena v Mezinárodní klasifikaci funkčních schopností, disability a zdraví<sup>2</sup> (MKF) Světové zdravotnické organizace (2001). Společnost NeuroCom® International, Inc. obdržela v roce 1986 od americké Food and Drug Administration<sup>3</sup> (FDA) povolení, které umožňovalo uvedení počítačových systémů dynamické posturografie (CDP) na trh, a které se od té doby staly objektivním testovacím systémem k dynamické posturální stability (Natus Medical Inc., 2013)

Vývoj CDP sahá do 60. tých let minulého století, kdy bylo v zájmu laboratoře „NASA – Sponsored Man Vehicle Laboratory v Massachusetts Institute of Technology“ studovat účinky opakovaných letů do vesmíru na astronauty. Touto prací se zabýval Dr. Larry Young v Oddělení letectví a astronautiky a společně s jeho doktorandem Lewisem Nashnerem prováděli výzkum lidského pohybu a rovnováhy nejen ve vesmírném prostředí. (Douglas & Comstock Innovative, 2009)

Výsledkem Nashnerovy práce byla v roce 1982 neinvazivní klinická technologie, která posuzovala spolupracující sensorické systémy podílející se na řízení posturální stability, běžně označovaná jako dynamická počítačová posturografie. Vyvíjející se CDP se stala užitečným systémem, který se snadno používal pro testování astronautů, ale

---

<sup>1</sup> NeuroCom International, Inc. - byla založena Lewisem Nashnerem v roce 1984 v Clackamasu (Oregon) v USA. Předmětem podnikání společnosti je mimo jiné i výroba lékařských nástrojů a přístrojů. Společnost vyvinula první komerčně dostupné CDP a nadále se podílí na zlepšení klinických výstupů CDP (Douglas & Comstock Innovative, 2009).

<sup>2</sup> MKF - v originále International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) patří do skupiny klasifikací vyvinutých Světovou zdravotní organizací WHO (Národní rada osob se zdravotním postižením ČR, 2001)

<sup>3</sup> FDA - Úřad pro kontrolu potravin a léčiv je vládní agentura USA, resortu zdraví a služeb, která je zodpovědná mimo jiné i za kontrolu a regulaci lékařských přístrojů v USA.

současně i pro osoby trpící poruchou rovnováhy. V dnešní době je CDP standardním objektivním nástrojem pro vyhodnocení posturální stability jakéhokoliv jednice. (Douglas & Comstock Innovative, 2009)

SMEQ, stejně jako ostatní Balance Manager Systemy, které jsou založené na základě CDP principů, byly poprvé uvedeny v roce 1996 v publikaci NASA s názvem Spinoff a jsou jedním ze systémů používaných klinickými fyzioterapeutickými, neurologickými, geriatrickými pracovišti, stejně tak jako pracovišti sportovní medicíny. (Douglas & Comstock Innovative, 2009)

Aktuálně je SMEQ nejčastěji využíván k objektivní diagnostice poruch posturální stability a k rehabilitaci poruch pohybového systému za současného využití biofeedbacku pro účinnější motorické učení.

Vzhledem k možnosti využití rozmanitých testovacích podmínek, dokáže SMEQ zohlednit složité interakce mezi sensorickými, řídicími a výkonným mechanismy k udržení posturální stability tak, aby ve výsledku bylo možné určit a odlišit i případný nedostatek na jednotlivých sensorických systémech. Testovací protokoly SMEQ umožňuje kvantifikovat schopnost probandů udržovat posturální stabilitu v rozličných statických i dynamických testovacích polohách a to za možnosti modifikace zrakové kontroly. (Scoppa et al., 2013)

### **2.3.2 Popis přístroje NeuroCom SMART EquiTest (SMEQ)**

SMEQ je jedním z přístrojových systémů, které využívají CDP a je tedy konstruován tak, aby zvládl identifikovat a kvantifikovat motorické a smyslové (somatosenzorické, vestibulární a vizuální) funkce lidského organismu. Tyto funkce se podílejí na řízení posturální stability a rovnováhy. Vzhledem ke konstrukci a i kvalitám SMEQ je využíván nejen v diagnostice, ale i v terapii pacientů s poruchou rovnováhy, pohybovými problémy a závratěmi. (Natus Medical Inc., 2014a)

Získaná naměřená data jsou v elektronické podobě převedena do systémového počítače, kde jsou data speciálním software hodnocena a analyzována a následně zobrazována v numerické či grafické podobě. Níže jsou popsány mechanické komponenty SMART EquiTest a technické parametry přístroje.

SMEQ se skládá z dvou základních částí – z tenzometrické silové plošiny, doplněné o pohyblivou kabinu s vizuálním prostředím a počítače s vyhodnocovacím softwarem.

Základní pohyblivá duální silová plošina (46 x 46 cm) je tvořena dvěma tenzometrickými deskami (23 x 46 cm), které jsou spojeny čepovým kloubem. Obě tenzometrické desky jsou opatřeny čtyřmi silovými snímači, které jsou symetricky umístěny na obou deskách. Středový (pátý) snímač je umístěn ve středu silové plošiny, zavěšen přímo pod čepovým kloubem spojujícím obě desky. Tento středový silový snímač měří smykové síly podél osy Y, v rovině rovnoběžné s podlahou. Ostatní silové snímače měří vertikální složku reakční síly působenou na celkovou plochu silové plošiny. Kloubový spoj umožňuje samostatné snímání vertikálních sil pro levou a pravou část měřící desky. Každý snímač je opatřen diferenciálním zesilovačem.

Základní kalibrační parametry snímačů mají dále uvedené hodnoty: koeficient zesílení – 45 g, koeficient nulové teploty – 45 g/ °C, linearita – 2,3 g, výstupní rozsah – 79,4 kg. (Natus Incorporated, 2016).

Využívaný software zpracovává signály snímané ze silové plošiny a jejich vyhodnocením kvantifikuje parametry dynamické posturální stability jedince a to v podmínkách simulující přirozené prostředí jedince. Hodnoty jsou porovnávány s normativními daty, které jsou nastaveny výrobcem ve vztahu s konkrétní věkovou skupinou – dále v textu označovány jako NeuroCom Data Range (norm NC). Dynamickou změnou podmínek zajištěnou neočekávaným pohybem plošiny či kabiny, ke kterým při testování dochází, jsou osloveny senzorické systémy a následně je softwarem vyhodnocena motorická reakce testovaného jedince. (Natus Medical Inc., 2014a)

#### **Technické příslušenství přístroje SMEQ:**

- duální tenzometrická plošina;
- osvětlená kabina s pohyblivým vizuálním okolím; LCD monitor pro zpětnou vazbu probanda;
- mobilně pojízdný počítač s monitorem, vybavený uživatelským softwarovým programem - NeuroCom® Balance Manager® Clinical Software, nabízející soubor testovacích protokolů;
- bezdrátový ovladač, klávesnice a myš;

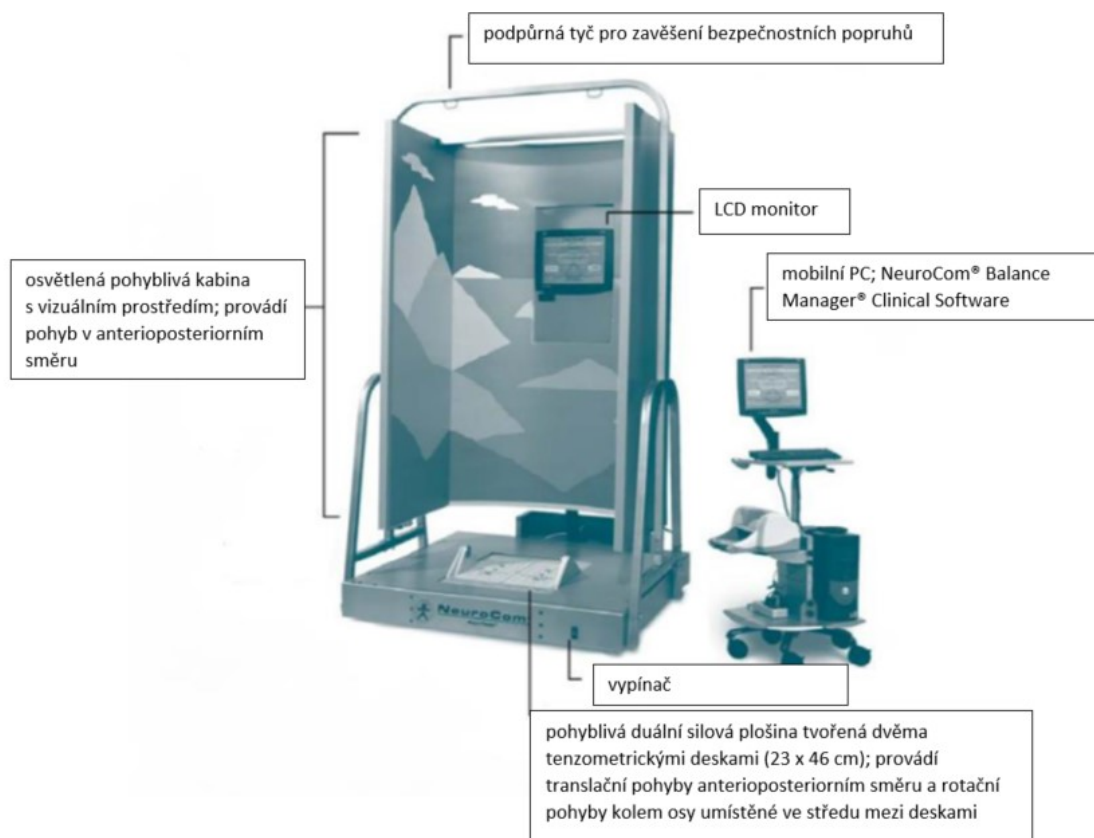


- podpůrná tyč pro zavěšení bezpečnostního postroje;
- bezpečnostní závěsné postroje (úvazky) ve třech velikostech – S, M, L bránící případnému pádu nebo zranění probanda (max. nosnost 200 kg);
- barevná tiskárna;
- pomůcky pro modifikované testování: pěnová podložka, válcová úseč, schůdky, klíny a podložky.

**Výšková a hmotnostní kritéria SMEQ:**

- hmotnostní limity nosnosti bezpečnostních závěsných postrojů pro dynamické měření: 14 – 200 kg;
- maximální výška stojícího probanda pro dynamické měření: < 203 cm stojícího probanda;
- hmotnostní limity pro statické měření: 14 – 270 kg;
- Normative Data Set: hmotnost 18 – 136 kg; výška 76 -203 cm.

Obrázek 1: NeuroCom SMART EquiTest (SMEQ) – přístrojové vybavení (upraveno z: Vomáčková a kol., 2020)



Snímací plošina umožňuje svou konstrukcí translační a rotační pohyby. Translační posun desky v anteroposteriorním směru je 6,35 cm s maximální rychlostí 15 cm/s. Rotační pohyb plošiny je  $\pm 10^\circ$  kolem horizontální osy, danou pohyblivým spojením měřících desek s maximální rychlostí 50°/s. Rotační pohyb pohyblivého vizuálního prostředí (plášť kabiny) je  $\pm 10^\circ$  s maximální rychlostí 15°/s.

SMEQ se od ostatních dynamických posturografů liší tím, že kromě polohy COP vypočítává také polohu COG. Polohu COG vypočítává ze zadané výšky a COP jedince.

Tyto hodnoty dokáže software vypočítat, pouze v případě, že je dodrženo přesné postavení chodidel na plošině, které bylo předem pomocí standardizovaných postupů měření definováno.

Testování jednotlivými testovacími protokoly může probíhat se stabilní či pohybující se plošinou a současně při stabilním či pohyblivém vizuálním prostředí. (Natus Medical Inc., 2016) Změnami testovacích podmínek při měření (testování se stabilní či pohyblivou plošinou, stabilním či pohyblivým vizuálním okolím (kabinou) nebo s nebo

bez zrakové kontroly) (Obrázek 1) lze modifikovat a tedy i ovlivňovat kvalitu senzorických podmínek a následně i hodnotit míru vnímání a vyhodnocení somatosenzorických a vizuálních informací. (Natus Medical Inc., 2014a) Výsledkem analýzy naměřených dat lze následně přesně identifikovat senzorické a motorické postižení testovaného, případně vyhodnotit kvalitu posturálních funkcí sportujícího jedince. (Natus Medical Inc., 2008, 2014a)

### **2.3.3 Popis testovacích protokolů SMART EquiTest (SMEQ)**

Testovací systém SMEQ je standardně vybaven testovacími protokoly, které v rámci testování zajistí objektivní hodnocení posturální stability. Testování všemi testovacími protokoly vyžaduje přesné metodické nastavení probanda, které je zmíněno v následující kapitole. Níže jsou uvedeny jednotlivé testovací protokoly, kdy první tři uvedené testy jsou výrobcem označovány jako „Core Assessments“ pro vyšetření dynamické posturální stability:

1. Sensory Organization Test (SOT)
2. Motor Control Test (MCT)
3. Adaptation Test (ADT)
4. Limits of Stability (LOS)
5. Rhythmic Weight Shift (RWS)
6. Weight Bearing/Squat (WBS)
7. Unilateral Stance (UNI)

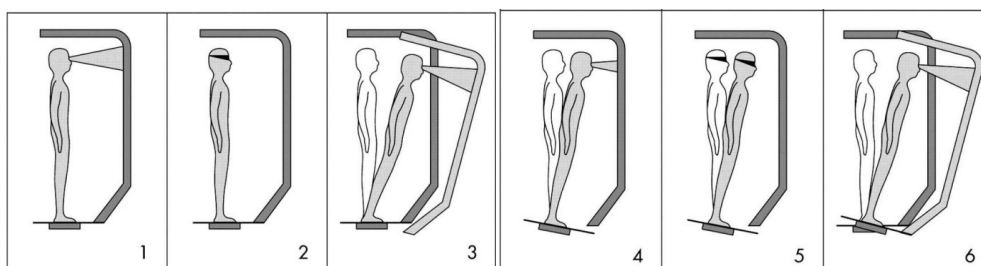
#### **2.3.3.1 Sensory Organization Test (SOT)**

Tento testovací protokol vyhodnocuje reaktivitu posturální stability posouzením vzájemných interakcí mezi vestibulárním, somatosenzorickým a vizuálním systémem testovaného. Během tohoto testu se odehrávají předozadní posuny plošiny a předozadní pohyby vizuálního okolí či kombinace obojího. Standardně obsahuje test 6 situací s různou kombinací pohybů plošiny a kabiny (Obrázek 2), přičemž výsledky jsou zaznamenávány po dobu 20 s a každá z šesti testovacích situací je opakována třikrát. (Vomáčková, Pavlů, et al., 2020)

Standardně se v rámci testovacího protokolu SOT měří posturální výchylky COG během šesti různých situací. CON1 je testovacím protokolem analyzující prostý stoj, při CON2 je analyzována schopnost kompenzace vyřazení zrakové kontroly. CON3 analyzuje kompenzaci narušených vestibulárních funkcí. (Natus Medical Inc., 2007, 2014a) První tři situace se stabilní silovou plošinou lze nazývat jako analýzu statické posturografie. U dalších tří situací se plošina pohybuje, a proto jsou tyto testy označovány jako dynamická posturografie.

CON4 analyzuje se schopnost kompenzace narušených somatosenzorických informací, CON5 testuje a analyzuje schopnost kompenzace vyřazení zrakové kontroly a narušení somatosenzorických informací) a CON6 testuje a analyzuje efektivitu schopnosti integrace změněných sensorických informací. (Natus Medical Inc., 2007, 2014a)

Obrázek 2: SOT – ilustrační obrázek testu (Concordia University, 2015)



- CON1 – zraková kontrola, stabilní plošina, stabilní vizuální prostředí
- CON2 – bez zrakové kontroly, stabilní plošina, stabilní vizuální prostředí
- CON3 – zraková kontrola, stabilní plošina, nestabilní vizuální prostředí
- CON4 – zraková kontrola, nestabilní plošina, stabilní vizuální prostředí
- CON5 – bez zrakové kontroly, nestabilní plošina, stabilní vizuální prostředí
- CON6 – zraková kontrola, nestabilní plošina, nestabilní vizuální prostředí

Vyhodnocovanými parametry v rámci analýzy dat SOT jsou: Equilibrium Score (EQL), Strategy Analysis (STRA) a Sensory Analysis (SEN).

## Equilibrium Score (EQL)

Jedním z testovaných parametrů je přístrojovým softwarem vyhodnocen procentuální (%) parametr Equilibrium Score (EQL), kterému byly výrobcem stanoveny normativní hodnoty pro danou věkovou skupinu. EQL se pro každou testovou kombinaci vypočítá porovnáním průměru tří pokusů maximální a minimální výchylky COG v sagitální rovině s teoretickou hranicí maximálního posunu, která je stanovena na 12,5°. Equilibrium Score je vypočítáváno:

$$EQL = \frac{12,5^\circ - (\phi_{max} - \phi_{min})}{12,5^\circ} * 100 .$$

(1): *Equilibrium Score*

Rozmezí výsledných hodnot je v procentech uvedeno mezi 100 (udávající dokonalou stabilitu jedince, tj. žádný posun COG) a 0 (pád). Composite Score (EQL-CMP) je vážený průměr EQL vypočítaný z hodnot všech šesti situací testovacího protokolu SOT. (Chaudhry et al., 2011)

$$EQL - CMP = \frac{CON1 + CON2 + 3(CON3) + CON4 + CON5 + CON6}{14}$$

(2): *Equilibrium Composite Score*

Hodnoty dosahující hranice kolem 100% ukazují na využívání kotníkové strategie, bez zaznamenání horizontálních smykových sil plošinou; hodnoty skóru blíží se hodnotě 0 poukazují na využívání kyčelní strategie k udržení rovnováhy, s výrazným zaznamenáním smykových sil vyvolaných plochou plosek na měřící plošinu. (Natus Medical Inc., 2007, 2014a)

## Strategy Analysis (STRA)

Parametr Strategy Analysis je parametr určující číselné vyjádření míry využití kotníkové či kyčelní strategie k udržení rovnováhy; nízké hodnoty, nebo hodnoty blíží se 0 poukazují na převážné využívání kyčelní strategie (zaznamenané výchylky COG o frekvenci 1 Hz a více), hodnoty vyšší nebo blíží se k 100 znamenají převahu kotníkové strategie (zaznamenané výchylky COG o frekvenci méně než 0,5 Hz) pro udržení rovnováhy. STRA je bezrozměrné skóre a ve vztahu s EQL skóry udávají informaci o

použité balanční strategii pro udržení rovnováhy. Výpočet STRA skóre je vztažen k 25lbs rozdílu mezi maximální a minimální smykovou silou (SH):

$$\text{Movement Strategy} = \left[ \frac{(SH_{max} - SH_{min})}{25} \right] * 100$$

(3): *Movement Strategy*

### **Sensory Analysis (SEN)**

Dalším z parametrů testovacího protokolu SOT je Strategy Analysis, který vyjadřuje poměry (ratio – RAT) využití vizuálních (VIZ), vestibulárních (VEST) a somatosenzorických (SOM) informací při snaze o zachování posturální stability; současně dílčí parametr dle Nashnera - Preference (PREF) navíc vyjadřuje míru závislosti na vizuálních informacích při řízení posturální kontroly. (Natus Medical Inc., 2007, 2014a; Vanicek et al., 2013)

- **Somatosensory Ratio (RAT-SOM)** – porovnává mezi sebou hodnotu EQL CON2 a CON1 (COND2/CON1), čímž kvantifikuje rozsah ztráty stability při zavřených očích na stabilní plošině; tj. identifikuje schopnost jedince využití informací ze somatosenzorického (proprioceptivního aparátu) k udržení stability;
- **Vestibular Ratio (RAT-VES)** – porovnává mezi sebou hodnotu EQL COND5 a COND2 (CON5/CON1). Tento poměr odráží relativní snížení stability ve chvíli, kdy se současně objeví absence vizuálního podnětu (zavřené oči) a nepřesné somatosenzorické vstupy (pohyb plošiny); testovaný je v tomto případě nucen udržovat posturální stabilitu pomocí informací zaregistrovaných pomocí vestibulárního aparátu; tj. identifikuje schopnost jedince využití informací z vestibulárního systému k udržení stability;
- **Visual Ratio (RAT-VIZ)** – porovnává mezi sebou hodnotu EQL CON4 a CON1 (CON4/CON1), čímž určuje rozsah ztráty stability jedince, při narušeném somatosenzorickém vstupu informací díky pohybům plošiny při otevřených očích; tj. identifikuje schopnost jedince využití informací ze zrakového ústrojí k udržení stability. (Natus Medical Inc., 2014a; Tsang et al., 2011)
- **PREF – Visual Preference** – porovnává mezi sebou hodnoty EQL CON3 + CON6 / EQL CON2 + CON5; tj. stanovuje poměr mezi testovacími kondicemi, které probíhají se otevřenýma očima s nestabilní plošinou a situacemi se zavřenýma

očima; tj. identifikuje neschopnost jedince potlačit při zachování stabilního stoje nepřesný vizuální podnět. (Natus Medical Inc., 2007, 2014a)

### **2.3.3.2 Limits of Stability (LOS)**

Test vyhodnocuje kvalitu volní motorické kontroly (balančních mechanismů stoje) vyhodnocením pohybu COG nad bází opory. LOS určuje tzv. limity stability (vymezený prostor, ve kterém je jedinec schopen pohybovat COG bez změny opěrné báze, úkroku či pádu). Hodnotí schopnost jedince co nejrychleji volně přemístit (s vizuální kontrolou v přídavném LCD monitoru) jeho COG k osmi předurčeným cílům, které jsou rozmístěny po obvodu hypotetického limitního prostoru v rozestupu 45°. (Barnett et al., 2013)

Jednotlivé cíle jsou rozmístěny ve čtyřech přímých směrech (F – forward, B – backward a R – right, L – left). Tyto cílové směry jsou doplněny dalšími čtyřmi v diagonálním uspořádání (RF – right forward, RB – right backward, LB – left backward, LF – left forward). Po zaznění zvukového signálu je cílem co nejrychleji a nejpresněji přemístit kurzor reprezentující aktuální polohu COG do vyznačeného cíle. Časový limit je nastaven na 8 s. Pro výpočet hypotetického prostoru vymezující limity stability je předpokládáno, že max. výchylka těla od vertikální osy v anerioposteriorním směru je 12,5° (8° anteriorně a 4,5° posteriorně) a v laterolaterálním směru 16° (8° vpravo a 8° vlevo), vztažená k výšce a laterálnímu okraji chodidel umístěných na vyšetřovací plošině. (Natus Medical Inc., 2007, 2014a)

Během testu se hodnotí několik parametrů: Reaction Time (RT), Movement Velocity (MVL), Endpoint Excursion (EPE), Maximum Excursion (MXE) a Directional Control (DCL).

#### **Reaction Time (RT)**

Parametr hodnotí dobu od zaznění zvukového signálu k první motorické odpovědi testovaného; jednotkou je milisekunda (ms). Reliabilita, uváděná v (Natus Medical Inc., 2007) byla výrobcem stanovena na  $R=0,74$ .

### **Movement Velocity (MVL)**

Parametr hodnotí průměrnou rychlost COG při primárním pokusu o dosažení cíle, jednotkou jsou stupě za sekundu ( $^{\circ}/s$ ). Reliabilita, uváděná v (Natus Medical Inc., 2007) byla výrobcem stanovena na  $R=0,80$ .

### **Endpoint Excursion (EPE)**

Vzdálenost bodu, ve kterém končí počáteční pohyb směrem k cílovému místu; vyjádřeno v procentech (%) limitů stability. Reliabilita, uváděná v (Natus Medical Inc., 2007) byla výrobcem stanovena na  $R=0,73$ .

### **Maximum Excursion (MXE)**

Hodnota parametru charakterizující maximální vzdálenost, kterou urazí COG v průběhu měření; vyjádřeno v procentech (%), kdy 100 % znamená, že proband dosáhl cílového bodu v konkrétním směru. Reliabilita, uváděná v (Natus Medical Inc., 2007) byla výrobcem stanovena na  $R=0,76$ .

### **Directional Control (DCL)**

Parametr udávající přesnost dráhy COG v daném směru. Pokud dosáhne 100 %, znamená to, že dráha COG testovaného probanda byla vedena přímočaře do středu požadovaného bodu, hodnoty pod 100 značí odchylky od přímé trajektorie pohybu; jednotkou jsou procenta (%). Reliabilita, uváděná v (Natus Medical Inc., 2007) byla výrobcem stanovena na  $R=0,68$ . (Barnett et al., 2013; Concordia University & Natus Medical Inc., 2015; Natus Medical Inc., 2008, 2013)

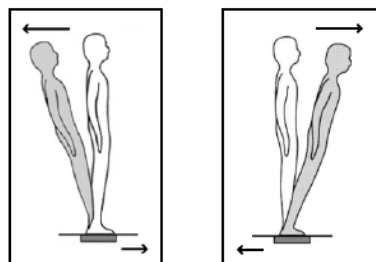
#### **2.3.3.3 Motor Control Test (MCT)**

Tento testovací protokol vyhodnocuje schopnost vyvinout efektivní motorickou odpověď na vychýlení rovnováhy, které je způsobeno nečekanými, třikrát po sobě zopakovanými translačními pohyby (menší než je 1 s), plošiny v anterioposteriorním směru. Při testu dochází k postupnému zvyšování míry a rychlosti jednotlivých posunů (Obrázek 4). Nejprve dochází k malým posunům (S - small, 250 ms, na prahu  $2,8^{\circ}/s$ ), poté ke středním (M - medium, 300 ms, na hranici  $6,0^{\circ}/s$ ) a nakonec k velkým (L – large,



400ms, při rychlosti do 8,0 °/s) posunům plošiny v posteriorním (B - backward) a poté v anteriorním směru (F - forward). Velikost posunů je individuálně stanovována přístrojovým softwarem vzhledem k probandově tělesné výšce (Tabulka 1) a pauza mezi jednotlivými posuny plošiny je náhodně volena softwarem. (Vomáčková, Pavlů, et al., 2020)

Obrázek 3: ADT – ilustrační obrázek testu (Concordia University, 2015)



SMEQ v rámci MCT vyhodnocuje dobu, za kterou se vyšetřovaný vrátí do původního stabilního stavu – Latency (LT), vynaloženou sílu - Strength Symmetry (SS), a stranovou symetrii zatížení v průběhu odpovědi - Weight Symmetry (WS). Testový protokol je vyhodnocován jednotlivě pro obě dolní končetiny v anterioposteriorních směrech posunů plošiny. Přístroj je schopen při tomto testu nezávisle na situaci vypočítat symetričnost zátěže obou dolních končetin. (Natus Medical Inc., 2007, 2014a)

Tabulka 1: MCT - nastavení amplitudy a trvání posunu k výšce jedince (Natus Medical, 2014)

perturbation (size)	duration (ms)	amplitude (inch)	ekvivalent sway (°)
small translation	250	0,5*(height/72)	0,7
medium translation	300	1,25*(height/72)	1,8
large translation	400	2,25*(height/72)	3,2

Legenda: perturbation – posun plošiny, duration – doba posunu, amplitude – výchylka, ekvivalent sway – ekvivalentní náklon plošiny; height – tělesná výška

### Latency (LT)

Je jedním ze zaznamenávaných a vyhodnocovaných parametrů, určující hodnotu času v milisekundách (ms) od počátku posunu plošiny k iniciaci motorické odpovědi, která je vyjádřena jako první odpor kladený prostřednictvím nohou proti pohybu plošiny. Je hodnocen pro každou dolní končetinu zvlášť (RLT - latency right a LLT - latency left) a

stejně tak jsou uváděny i normované hodnoty výrobcem. (Natus Medical Inc., 2013, 2014b, 2014a) Výše uvedené parametry jsou podkladem pro stanovení Composite Score – CMP (ms), udávající celkový čas odezvy všech měřených parametrů. Známkovací frekvence testového protokolu 100 Hz. (Concordia University & Natus Medical Inc., 2015; Natus Medical Inc., 2013, 2014a)

### **Amplitude Scaling (AM)**

Charakterizuje vynaloženou sílu probanda, která je potřeba pro návrat do ustálené rovnovážné polohy po translaci plošiny; jednotkou parametru je newton (N). (Natus Medical Inc., 2007, 2014a)

### **Strenght Symmetry (SS)**

Udává míru silové odpovědi zaznamenanou plošinou při aktivní reakci vedoucí k vyrovnání polohy při anterioposteriorním posunu plošiny. Bezrozměrné skóre 100 značí symetrickou odpověď obou DK, hodnota výsledku vyšší než 100 znamená větší silovou odpověď pravé DK a naopak méně než 100 znamená větší silovou odpověď levé DK. (Natus Medical Inc., 2007, 2014a)

### **Weight Symmetry (WS)**

Parametr zobrazuje rozložení váhy těla probanda jednotlivých dolních končetin během posunu plošiny. Výsledná hodnota bezrozměrného skóre 100 znamená rovnoměrné rozložení zátěže na dolních končetinách.

$$Weight\ Symmetry = \frac{RF + RR}{LF + LR + RF + RR} * 200 ,$$

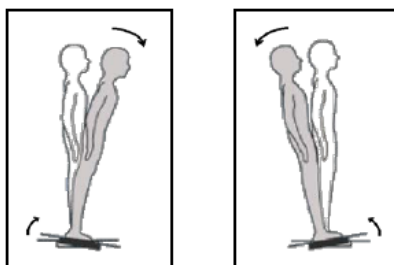
(4): *Weight Symmetry*

(kde RF/LF je hodnota vertikální síly zaznamenaná pravým/levým předním snímačem a RR/LR je hodnota vertikální síly zaznamenaná pravým/levým zadním snímačem) (Natus Medical Inc., 2007). Výsledná hodnota přesahující 100 znamená zátěž na pravé dolní končetině, výsledek pod 100 naopak zátěž na levé dolní končetině. Udávaný rozdíl mezi výsledným skóre a hodnotou 100 představuje procentuální rozdíl v zatížení obou dolních končetin. (Barnett et al., 2013; Natus Medical Inc., 2007, 2013)

### 2.3.3.4 Adaptation Test (ADT)

Tento test hodnotí schopnost jedince automaticky reagovat a adaptovat se na opakující se rotační pohyby plošiny kolem osy X. Při testu dochází k pěti po sobě jdoucím náklonům plošiny směrem nahoru (TUP - Toes Up) a pěti náklonům plošiny směrem dolů (TDN – Toes Down) (Obrázek 4). Naklonění plošiny trvá 400 ms a má amplitudu 8°. Rychlost rotačního stimulu je 20°/s. Sekvence mezi jednotlivými rotačními pohyby je volena náhodně (3 - 5 s) a plošina rotuje kolem osy umístěné ve středu plošiny. Software vyhodnocuje parametr reakční síly Sway Energy Score (SES). (Natus Medical Inc., 2007, 2014a)

Obrázek 4: MCT – ilustrační obrázek testu (Concordia University, 2015)



### Sway Energy Score (TUP a TDN)

Parametr reakční síly tzv. Sway Energy Score, je bezrozměrná veličina popisující hodnoty získané během prvních 2 s po zahájení rotačního pohybu

$$\text{Sway Energy} = C1 * PY^1(\text{RMS}) + C2 * PY^2(\text{RMS}),$$

(5): Sway Energy

kdy C1 a C2 jsou vážené konstanty ( $C1 = \frac{1}{\text{in}}; C2 = \frac{0,025}{\text{sec}^2}$ ),  $PY^1$  je rychlost,  $PY^2$  je zrychlení a RMS je střední kvadratická odchylka. Score kvalifikuje, jaké množství energie je potřebné k udržení stabilního stoje, který je rotačními posuny desky znesnadňován a na němž v rámci pěti po sobě jdoucích opakování vzniká adaptace. Cílem jedince při testování je setrvat ve vzpřímeném stabilním stoji a s každým následujícím pokusem snižovat množství vyvinuté síly k obnovení tohoto držení. (Concordia University & Natus Medical Inc., 2015; Natus Medical Inc., 2008, 2013, 2014a)

### **2.3.3.5 Rhythmic Weight Shift (RWS)**

Test vyhodnocuje schopnost a kvalitu rytmicky přenášet COG v anterioposteriorním a laterolaterálním směru (mezi 2 cíli) ve třech vyšetřovacích rychlostech po dobu 10 s. Hodnocena je schopnost volního pohybu COG, přizpůsobení se rychlosti (slow – 3 s; moderate – 2 s, fast – 1s; časový úsek rytmu střídání cílů) určitého podnětu a schopnost rychlé změny směru. Jedinec v rámci testu přenáší rytmicky kurzor, reprezentující aktuální polohu COG, mezi dvěma cíli a to za kontroly zrakem na přídavném LCD monitoru. Vzdálenost mezi cíli je volena softwarem a je rovna 50% limitům stability, vyhodnoceným v testu LOS. Vyhodnocovanými parametry jsou rychlost pohybu: On Axis Velocity (OAV) a směrová kontrola Directional Control COG (DCL). (Natus Medical Inc., 2014a, 2014b, 2016)

#### **On-Axis Velocity (OAV)**

Parametr hodnotí rychlost COG v zamýšleném směru pohybu (v požadovaném směru); vyjádřené v jednotce stupně/sekundu ( $^{\circ}/s$ ).

#### **Directional Control (DCL)**

Tento parametr hodnotí procentuální rozdíl mezi směrovou přesností pohybu v zamýšleném směru pohybu (v požadovaném směru) a směrovou nepřesností pohybu (odchylky trajektorie COP od požadovaného směru); jednotkou jsou (%).

### **2.3.3.6 Weight Bearing/Squat (WBS)**

Tento testovací protokol je výrobcem udáván jako test hodnotící obecnou funkční schopnost ADL (Activity of Daily Living). WBS parametr analyzuje symetrii rozložení váhy těla jedince v prostém, vzpřímeném stoji (přirozeně extendované kolenní klouby) a při postupném snižování těžiště těla, změnou držení v kolenních a hlezenních kloubech (stupně flexe v kolenních kloubech je dána na 30°, 60° a 90°). Při postupném zvyšování flexe v kolenních kloubech se mění tlak na artikulární komponenty v kolenních a hlezenních kloubech a je možné testem zaznamenat rozdíly ve stranovém rozložení

váhy jedince, které ve vzpřímeném stoji nejsou patrné. (Hakim et al., 2012) Reliabilita, uváděná v (Natus Medical Inc., 2007) byla výrobcem stanovena na  $R=0,84$ .

### **Percent Body Weight (BW)**

Parametr udává procentuální rozložení tělesné hmotnosti na pravé a levé dolní končetině, vztažené k celkové hmotnosti jedince. Zdraví jedinci by neměli překročit hranici  $\pm 7\%$  hranici rozložení tělesné hmotnosti na dolních končetinách (Concordia University, 2015)

### **2.3.3.7 Unilateral Stance (UNI)**

Testovací protokol UNI je také výrobcem SMEQ zařazován mezi testy hodnotící funkční schopnosti ADL. Parametr vyhodnocuje rychlost výchylek COG a udržení stabilního postavení testovaného jedince při stoji na jedné dolní končetině. Test probíhá ve třech opakování po dobu 10 s při otevřených (EO) a při zavřených očích (EC). Hodnocenými parametry jsou: COG Sway Velocity (SV) a Mean COG Sway Velocity (MSV).

### **COG Sway Velocity (SV)**

Hodnota parametru udává poměr výchylky COG vztaženou k době trvání pokusu (max. 10s). Výsledkem je číselný údaj v jednotkách stupňů za sekundu ( $^{\circ}/s$ ).

### **Mean COG Sway Velocity (MSV)**

Hodnota tohoto parametru je rovna průměru 3 pokusů v podmínce otevřených a zavřených očí. Optimální je co nejnižší hodnota, udávající minimální pohyb COG. . (Concordia University & Natus Medical Inc., 2015; Natus Medical Inc., 2008, 2013, 2014a)

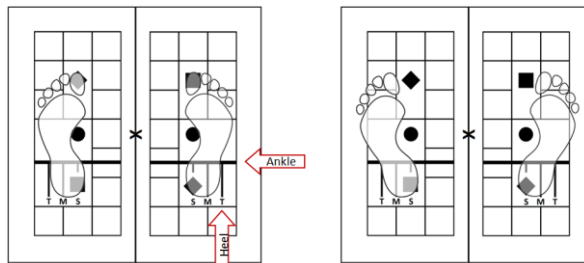
### **2.3.4 Metodický popis měření**

Metodika laboratorního měření je popsána v manuálech SMEQ systému. (Concordia University & Natus Medical Inc., 2015; Natus Medical Inc., 2014a, 2016)

Měření probíhá za standardních podmínek (viz (Natus Medical Inc., 2016), kdy si testovaný jedinec oblékne do bezpečnostního závěsného postroje (dodávaný ve velikostech S-M-L) a po vstoupení do vyšetřovací kabiny je upnut bezpečnostními popruhy k podpůrné tyči. Vhodně nastavené bezpečnostní prvky nebrání přirozenému pohybu, zároveň zabezpečují testovaného od případného pádu v důsledku ztráty stability.

Postavení bosých nohu na vyšetřovací plošině je dáno metodikou, kdy melleolus medialis testovaného je postaven přesně nad centrální horizontální linií, jež je zobrazena ve středu vyšetřovacích desek. Postavení laterálního okraje paty je vyšetřujícím zkorigováno k svislým liniím, jež jsou označeny („S“, „M“ a „T“) v závislosti na tělesné výšce testovaného („S“ – 76-140 cm; „M“ – 141-165 cm a „L“ – 166-203 cm). Testovanému je po té umožněno individuálně upravit pozici plosek ve směru abdukce, nikoliv však změněním pozice umístění mediálního malleolu a laterální stany paty (Obrázek 5).

Obrázek 5: SMEQ, pozice nastavení plosek nohou (Concordia University, 2015)



Postavení horních končetin je přirozené, v případě, že je třeba postavení horních končetin modifikovat, je tato informace uvedena před spuštěním samotného testovacího protokolu v měřícím software.

### **3. METODOLOGIE PRÁCE**

Práce má empiricky kvantitativní charakter a byla prováděna v rámci neexperimentální observační studie.

Pro objektivní zhodnocení aktuálního stavu dynamické posturální stability je považováno za zásadní, porovnávat získaná data vhodnou referenční škálou (normou), vytvořenou pro danou věkovou skupinu tak, aby vliv ostatních proměnných, jako je například motivace k výkonu nebo aktuální psychický stav, mohl být popsán či případně minimalizován vhodným výběrem testované skupiny nebo designem práce.

Naše dosavadní laboratorní zkušenosti s využíváním SMEQ pro hodnocení dynamické posturální stability ukázaly, že normované hodnoty, dle kterých se běžně v rámci SMEQ systému provádí analýza, nejsou dostatečně citlivé pro vyhodnocení vlivu výkonnostních sportovců, u kterých se předpokládá, že jejich kvalita dynamické posturální stabilizace je vytříbena a specificky modifikována provozovaným sportem.

Tato práce pracuje s anonymizovanými daty z dílčích projektů, řešených v rámci PROGRESU Q41 na UK – Biologické aspekty zkoumání lidského pohybu.

#### **3.1 CÍLE PRÁCE**

1. Hlavním cílem práce je stanovit normované hodnoty pro všechny jednotlivé parametry testovacích protokolů CDP, které lze získat v rámci měření testovacími protokoly SMEQ u sportující zdravé populace ve věku 20-30 let („norm AN 20-30“).
2. Druhým, dílčím cílem práce je porovnat a statisticky ověřit míru odlišnosti nově stanovených hodnot norm AN 20-30 s existujícími hodnotami norm NC SMEQ.
3. Třetím, doplňujícím, cílem práce je pilotně stanovit reliabilitu jednotlivých parametrů testovacích protokolů získatelných pomocí SMEQ, které se testují v podmínkách Kineziologické laboratoře katedry Fyzioterapie UK FTVS.

K druhému a třetímu cíli práce jsou níže v textu definovány dvě výzkumné otázky. K první uvedené výzkumné otázce se vztahuje první hypotéza ( $H_{10}$  a  $H_{1A}$ ), k druhé uvedené výzkumné otázce se vztahuje druhá hypotéza ( $H_{20}$  a  $H_{2A}$ ).

### **3.2 VÝZKUMNÉ OTÁZKY**

V námi provedených studiích (např: Hasalová, 2017; Hlaváčková, 2017; Kania, 2017; Karšayová, 2019; Kučera, 2020; Šalbabová, 2019; Váchová, 2020; Živcová, 2020) dosavadních studiích, které se zabývaly popisem posturální stability sportující populace byl hodnocený vliv aktivního až výkonnostního sportu porovnáván s hodnotami norem, které byly původně stanoveny pro klinické hodnocení pacientů s poruchami rovnováhy. V některých studiích byla data případně porovnávána s daty malých kontrolních skupin, v některých nebyla současně dodržena jednotná metodika hodnocení.

Ze zkušeností získaných při řešení studií využívající SMEQ, je zřejmé že číselné hodnoty normovaných dat uváděných výrobcem jako NeuroCom Data Range (dále jen „norm NC“) nejsou, s ohledem na jejich nastavení k diagnostice poruch rovnováhy, dostatečně citlivé pro hodnocení parametrů dynamické posturální stabilizace výkonnostně sportující mladé populace.

Na základě výše uvedeného a na podkladě zkušeností v rámci zpracování dílčích studií v Kineziologické laboratoři Katedry fyzioterapie jsou v práci stanoveny pro druhý a třetí cíl práce tyto výzkumné otázky:

1. Jak se liší stanovené hodnoty norm AC (20-30 let) od běžně používané norm NC (20-39 let nebo 20-59 let)?
2. Jaká je reliabilita jednotlivých parametrů SMEQ, zjištěná v rámci pilotně provedeného opakovaného laboratorního měření na UK FTVS?



### 3.3 HYPOTÉZY

Hypotézy práce byly stanoveny na základě studia dostupné literatury využívající SMEQ a zabývající se dynamickou posturální stabilitou a to zvláště ve vztahu k sportující populaci. Jednotlivé hypotézy<sup>4</sup> byly formulovány vzhledem k stanoveným výzkumným otázkám práce následovně:

**H1<sub>0</sub>:** Statistický rozdíl normovaných hodnot jednotlivých parametrů testovacích protokolů (SOT, LOS, MCT, ADT, RWS, UNI a WRS) norm AN a norm NC (testovaný na hladině významnosti  $\alpha = 0,5$ ) bude roven nule.

**H1<sub>A</sub>:** Statistický rozdíl normovaných hodnot jednotlivých parametrů testovacích protokolů (SOT, LOS, MCT, ADT, RWS, UNI a WRS) norm AN a norm NC (testovaný na hladině významnosti  $\alpha = 0,5$ ) nebude roven nule.

**H2<sub>0</sub>:** Hodnota koeficientu reliability „r“ bude u všech testovaných parametrů testovacích protokolů (SOT, LOS, MCT, ADT, RWS, UNI a WRS) nově vzniklé norm AN (testovaný na hladině významnosti  $\alpha = 0,5$ ) rovna  $r = 0$ .

**H2<sub>A</sub>:** Hodnota koeficientu reliability „r“ nebude u všech testovaných parametrů testovacích protokolů (SOT, LOS, MCT, ADT, RWS, UNI a WRS) nově vzniklé norm AN (testovaný na hladině významnosti  $\alpha = 0,5$ ) rovna  $r = 0$ .

### 3.4 ÚKOLY PRÁCE

1. Ucelené zpracování teoretických východisek a poznatků souvisejících s tématem práce pro stanovení hypotéz a provedení laboratorních měření.
2. Zajištění probandů pro šetření s cílem vytvoření normativních hodnot SMEQ.
3. Provedení anamnestických šetření, získání demografických údajů a realizace přístrojového měření probandů pomocí SMEQ.

---

<sup>4</sup>  $H_0$  – nulová hypotéza, formulována negativně;  $H_A$  – alternativní hypotéza, formulována jako neplatnost  $H_0$  (Soukup, 2010)

4. Analýza dat a vytvoření modelu pro predikci normovaných hodnot pro věkovou skupinu 20-30 let sportující zdravé populace u všech parametrů testovacích protokolů CDP pomocí SMEQ.
5. Zjištění statistického rozdílu mezi norm AN a norm NC; vyhodnocení výsledků na hladině významnosti  $\alpha = 0,5$ .
6. Zajištění probandů a realizace laboratorních měření s cílem pilotního stanovení reliability parametrů testovacích protokolů CDP zjistitelných pomocí SMEQ.
7. Analýza dat a stanovení koeficientů reliability jednotlivých parametrů testovacích protokolů CDP zjistitelných pomocí SMEQ (test-retest).
8. V rámci diskuse popsat vliv jednotlivých faktorů – regresorů (výška, váha, BMI, atd.) na predikované hodnoty norm AN.
9. Vyvození závěrů a konfrontace výsledků se stanovenými hypotézami a z aktuálně získaných informací z literární rešerše.

### **3.5 METODIKA PRÁCE**

Disertační práce je rozdělena na dvě části - na teoretická východiska a speciální výzkumnou část. Teoretické podklady první části jsou zpracovány na základě dostupných informací, převážně ze zahraničních zdrojů, které jsou doplněny závěry získaných z dílčích studií probíhajících v Kineziologické laboratoři Katedry fyzioterapie UK FTVS, které probíhaly v období 6/2017 – 6/2020.

#### **3.5.1 Metodický postup teoretické části práce**

Teoretická část práce poskytuje teoretické podklady věnující se dynamické posturální stabilitě sportovců. V rámci zpracování práce byly využity zdroje v elektronické i tištěné podobě z české i zahraniční literatury (v anglickém jazyce) jako jsou monografie, odborná periodika, vědecké články, příspěvky z konferencí apod. Vyhledávání odborné literatury probíhalo převážně v databázích Web of Science, PubMed, MedLine, Medvik, EBSCOhost, Research Gate, CEEAS, CEEOL, Sciendo, Google Scholar a zdroje NK a NLK. Všechny citace jsou vytvořeny dle platné citační normy APA 7th edition. (American Psychological Association, 2020) Referenční seznam použité literatury byl vytvořen pomocí desktop verze Mendeley, verze 1.19.4.

#### **3.5.2 Metodický postup speciální výzkumné části práce**

Všechna laboratorní měření a základní anamnestická dotazníková šetření probíhala v období 6/2017 – 6/2020 v Kineziologické laboratoři Katedry fyzioterapie UK FTVS. Data byla zaznamenána NeuroCom Data Analyzer Softwarem verze 9.3 a následně převedena, sjednocena a upravena pro další analýzu a zpracování v Microsoft Excel 2016. Statistické zpracování a predikce normovaných hodnot byly provedeny pomocí, pro účely práce přizpůsobeného, lineárního smíšeného modelu ve volně dostupném statistickém softwaru R (version 3.6.1; uživatelské prostředí Studio R) (Pinheiro et al., 2019; R\_Core\_Team, 2019). Analyzované a predikované hodnoty byly následně zpět převedeny do Microsoft Excel 2016, kde byly upraveny pro možnost exportu do textového dokumentu Microsoft Word. Grafické výstupy ze statistického

softwaru R byly exportovány a dále upravovány pro zpracování v textu práce. V práci se nepředpokládá velký efekt systematické chyby ani chyby náhodné. (Zvárová, 2016)

### 3.5.3 Charakteristika výzkumného souboru

Ve studii bylo záměrně vybráno 245 mladých zdravých probandů, z toho 107 mužů a 138 žen. Všichni jedinci výzkumného souboru byli vybráni na základě předem stanovených, níže popsaných, požadavků. Pro výběr klinicky asymptomatických jedinců byla použita následující anamnestická kritéria:

1. Současná nebo minulá lékařská diagnóza nebo poškození ovlivňující rovnováhu.
2. Současné neurologické postižení, interní, diabetické či ortopedické onemocnění.
3. Akutní onemocnění, úraz nebo období rekonvalescence po onemocnění či úrazu v období posledního půl roku.
4. Současný nebo minulý úraz v oblasti hlavy nebo krční páteře.
5. Léky ovlivňující CNS nebo o nichž je známo, že ovlivňují rovnováhu či koordinaci.
6. Aktuální příznaky závratí.
7. Příznaky naznačující vestibulární nebo neurologické poruchy.
8. Psychologické poruchy včetně deprese; snížený stupeň inteligence či mentální poruchy.
9. Normální vidění s brýlemi nebo bez nich.

Do výzkumného souboru byli zařazeni sportovci, kteří se svému sportu aktivně věnují. Podmínkou pro zařazení bylo splnění těchto kritérií:

1. Aktivně provozovaný sport, tj. minimálně 3-5 tréninkové jednotky/týden.
2. Aktivně provozovaný sport minimálně po dobu 5 let.
3. Účast na soutěžích (divizní, ligová, národní, apod.) úroveň (případně zařazení do výkonnostních žebříčků).
4. Pro zařazení do výzkumného souboru byli osloveni aktivní sportovci z níže uvedených sportovních odvětví: tenis, volejbal, basketbal, florbal, ragby, fotbal, házená, sportovní lezení na obtížnost, moderní tanec, šerm, taekwondo, akrobacie, kanoistika, irský tanec, plavání, sportovní gymnastika, MMA.

Záměrně volený výzkumný soubor n=245 (z toho 107 mužů a 138 žen) se pohyboval v záměrně voleném věkovém rozmezí 20 – 30 let s průměrným věkem 24,04 ( $\pm 1,23$  let), o průměrné tělesné výšce 173,29 ( $\pm 10,04$  cm), průměrné tělesné váze 68,46 ( $\pm 13,10$  kg) a průměrném BMI 22,67 ( $\pm 3,04$ ). Kompletní charakteristické údaje výběrového souboru jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 2). Tento výzkumný soubor je souborem, jehož data byla použita pro predikci norm AN u SOT, LOS a MCT testovacích protokolů.

Tabulka 2: Popisná charakteristika výzkumného souboru (n=245; muži 107, ženy 138), pro testovací protokoly SOT, LOS, MCT

	<b>mean <math>\pm</math> SD (SEM)</b>	<b>(min - max); MED</b>
věk [roky]	24,044 $\pm$ 1,230 (0,150)	(20,008 - 29,944); 24,183
váha [kg]	68,458 $\pm$ 13,100 (0,864)	(43,000 - 115,000); 70,000
výška [cm]	173,293 $\pm$ 10,044 (0,662)	(151,000 - 198,000); 171,500
BMI [kg.m <sup>-2</sup> ]	22,673 $\pm$ 3,044 (0,201)	(14,879 - 40,745); 22,322

Legenda: mean - aritmetický průměr, SD - standardní odchylka, SEM - střední chyba průměru, min – minimální hodnota; max – maximální hodnota; MED - medián

Vzhledem ke skutečnosti, že u 52 účastníků z celého výzkumného souboru nebyly v rámci laboratorních měření dílčích studií zaznamenány všechny testovací protokoly CDP, je níže uvedena i popisná statistika části z výše uvedeného výzkumného souboru, z jehož dat jsou získány normy u testovacího protokolu ADT, RWS, UNI a WBS.

Tento záměrně volený soubor n=193 (z toho 84 mužů a 109 žen) se pohyboval v záměrně voleném věkovém rozmezí 20 – 30 let s průměrným věkem 23,99 ( $\pm 2,34$  let), o průměrné tělesné výšce 174,49 ( $\pm 10,27$  cm), průměrné tělesné váze 70,36 ( $\pm 13,29$  kg) a průměrném BMI 22,99 ( $\pm 3,07$ ). Kompletní charakteristické údaje tohoto výběrového souboru jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 3).

Tabulka 3: Popisná charakteristika výzkumného souboru (n=193; muži 84, ženy 109), pro testovací protokoly ADT, RWS, UNI a WBS

	mean ± SD (SEM)	(min - max); MED
věk [roky]	23,999 ± 2,341 (0,175)	(20,008 - 29,944); 24,183
váha [kg]	70,356 ± 13,295 (0,997)	(43,000 - 115,000); 69,500
výška [cm]	174,492 ± 10,273 (0,767)	(151,000 - 198,000); 173,000
BMI [kg.m <sup>-2</sup> ]	22,995 ± 3,078 (0,231)	(14,879 - 40,745); 22,587

Legenda: mean - aritmetický průměr, SD - standardní odchylka, SEM – střední chyba průměru, min – minimální hodnota; max – maximální hodnota; MED - medián

### 3.5.4 Sběr dat

Laboratorní měření všech jedinců výzkumného souboru probíhalo v období 2017-2020 v Kineziologické laboratoři katedry fyzioterapie UK FTVS shodně za dodržení standardních podmínek (Natus Medical Inc., 2016) testování a byly naměřeny parametry všech testovacích protokolů SOT, LOS, MCT, ADT, RWS, UNI a WBS.

Každý účastník výzkumu byl zletilý a vyplnil anamnestický dotazník zjišťující základní anamnestická a demografická data. Současně byl každý účastník výzkumu poučen o postupu laboratorního testování, seznámen s jeho obsahem a neinvazivním průběhem měření. Všichni účastníci výzkumu uvedli, že rozumí a souhlasí s obsahem a průběhem celého laboratorního testování. Účastníci byli současně informováni, že rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika prováděná v rámci tohoto typu výzkumu. Před zahájením samotného výzkumu podepsali jednotlivé informované souhlasy, ve kterých je uvedeno, že souhlasí se zpracováním osobních údajů v anonymizované podobě a dále se zpracováním naměřených hodnot pro účely výzkumné práce prováděné a Katedře fyzioterapie UK FTVS. Výčet jednotlivých evidenčních čísel, pod kterými byly jednotlivé informované souhlasy schváleny EK UK FTVS, je uveden v příloze (Příloha č. 1, str. I).

Po vyplnění potřebné dokumentace k výzkumu se každý účastník převlékl do běžného pohodlného oblečení a byla mu za standardních podmínek změřena tělesná výška a váha. Po té byl vyzván, aby se ustrojil do bezpečnostního úvazku a v následujících 45–50 min byl testován všemi testovacími protokoly SMEQ. Při testování bylo velmi důrazně dbáno na počáteční a průběžné nastavení nohou na snímací plošinu.

Každý proband byl podroben sedmi testům jdoucích po sobě, beze změny pořadí, bez pauzy a opuštění testovací kabiny přístroje během testování. Veškeré testování probíhalo za přítomnosti kvalifikovaného pracovníka laboratoře, který dohlížel na standardní průběh měření. Žádnému z testovaných probandů nebylo umožněno si před samotným měřením jednotlivé testy v rámci SMEQ vyzkoušet. Současně žádný z nich neměl předchozí zkušenost s podobným typem testování dynamické posturální stability.

### **3.5.5 Analýza a zpracování dat**

Všechna získaná data jednotlivých měření byla zaznamenána NC analytickým softwarem – NeuroCom Data Analyzer Software a pak byla následně převedena do Microsoft Excel 2016. V rámci zpracování dat vznikl rozsáhlý data-set, který je v kompletní podobě uložen v laboratorním PC a na záložních laboratorních externích pamětech (vzorový data-set je uveden v příloze (Příloha č. 5, str. XVII). Základní popisné statistické údaje (počty, minima, maxima, výpočet věku, výpočet BMI, ...) byly provedeny základní analýzou popisné statistiky ve výše zmíněném programu. Analýza dat (analýza a sledování charakteristik data-setu) a následně i predikce nových normovaných hodnot (AN norma) pro věkovou skupinu 20-30 let bylo provedeno pomocí modifikovaného smíšeného lineárního modelu ve statistickém software R (version 3.6.1; uživatelské prostředí Studio R) (Pinheiro et al., 2019; R\_Core\_Team, 2019).

#### **3.5.5.1 Stanovení normovaných hodnot norm AN**

Pro výpočet predikovaných hodnot nově stanovené normy pro populaci sportovců ve věku 20-30 let, označované jako „Athles Norm 20-30“ tj. „norm AN“ byl použit lineární smíšený model (LME)(Laird & Ware, 1982) s náhodným absolutním členem, ve kterém se pevné i náhodné efekty vyskytují v lineárním tvaru. Model s náhodným interceptem (absolutním členem) reprezentuje nejzákladnější LME Model (Linear Mixed Effects Model), v němž se předpokládá náhodný efekt jedince (interpretovatelný jako přirozená schopnost jedince být dobrý/špatný v pozorovaném měření (odezvě). Je-li  $Y$  považován za množinu všech veličin, tedy v případě řešení této

práce, za všechny hodnocené parametry jednotlivých testovacích protokolů příloha (Příloha č. 2 - Tabulka 30, str. II; Tabulka 31, str. V), tedy,

$Y = \{EQL, RT, STRA, SEN, MVL, \dots WBS\}$ . Veličiny z  $Y$  jsou vždy SMEQ systémem měřeny a zaznamenávány za několik různých podmínek (typický je směr pohybu, směr posunu plošiny, otevřené případně zavřené oči, ...), které jsou dohromady značeny  $\mathcal{P}$ . Dále je označeno  $n_Y = 1$  jako počet opakování měření za jedné konkrétní podmínky, tedy  $n_Y = 1$  v případě, že nedochází k žádnému opakovanému měření. Opakování  $j = 1, \dots, n_Y$  měření veličiny  $Y = \mathcal{Y}$  jedince  $i = 1, \dots, n$  za podmínky  $p \in \mathcal{P}$  je pak modelováno jako:

$$Y_{i,p,j} = b_i + \sum_{q \in \mathcal{P}} \beta_q \mathbf{1}(q = p) + \varepsilon_{i,p,j},$$

(6): *Lineární smíšený model*

kde  $b_i$  je náhodný efekt jedince pocházejícího z normálního rozdělení s nulovou střední hodnotou a rozptylem náhodných efektů  $\sigma_b^2$ , nezávislých na efektech ostatních jedinců a chybách modelu  $\varepsilon_{i,p,j}$ , u kterých je také předpokládána nezávislost a normální rozdělení s nulovou střední hodnotou, avšak s rozptylem  $\sigma_p^2$ . U většiny zkoumaných SMEQ parametrů jednotlivých testovacích protokolů se totiž ukázalo, že rozptyl pozorování se za různých podmínek značně liší, proto je předpokládán rozdílný rozptyl  $\sigma_p^2$  za každé podmínky  $p \in \mathcal{P}$ . Ignorování této skutečnosti by totiž mohlo vést k nepřiměřeně nízkým či vysokým nastavením nových norem. Fixní část modelu (v použité úpravě lineárního modelu) tvořenou koeficienty  $\beta_p$  pro jednotlivé podmínky (regresory), lze jednoduše rozšířit o pohlaví, věk, výšku či váhu jedince a zjistit tak, zda by nebylo zapotřebí normy upravit pro různé populační skupiny (elitní sportovci, ...). Více je tato problematika diskutována v závěru práce v kapitole diskuse.

Neznámé parametry modelu ( $\beta_p, \sigma_p^2, \sigma_b^2$ ) byly pro vytvoření nových hodnot norm AN odhadnuty metodou maximální věrohodnosti pro lineární smíšený model implementované v balíčku *nlme* statistického softwaru R a tyto hodnoty jsou značeny ( $\hat{\beta}_p, \hat{\sigma}_p^2, \hat{\sigma}_b^2$ ).

Nové hodnoty norm AN byly konstruovány jako jednostranné nebo oboustranné 95% predikční intervaly, jejichž meze jsou překročeny zhruba 5% jedinců, kteří dosahují nežádoucích extrémních hodnot. Pozorování jakéhokoliv nového jedince, o jehož



predikci je zde snaženo, jsou níže značeny jako  $Y_{new,p,j}$ . Často je pak použita i predikce průměru přes všechna opakování  $j$  či některé z podmínek  $p$ .

Střed tohoto intervalu je bodový odhad, typicky tvořený lineární kombinací odhadů jednotlivých  $\beta_p$ . Takto kombinace je pak značena jako  $\mathbf{c}^\top \hat{\boldsymbol{\beta}} = \sum_{p \in \mathcal{P}} c_p \hat{\beta}_p$ , kde  $c_p$  je koeficient kombinace pro podmínku  $p$ . Je-li například predikována hodnota pouze za jedné podmínky  $p$ , pak se jedná přímo o příslušný odhad  $\hat{\beta}_p$ . Dále průměr přes dvě podmínky  $p_1$  a  $p_2$  je odhadnut jako  $(\beta_{p_1} + \beta_{p_2})/2$  a podobně pro složitější případy.

Pro stanovení mezí predikčních intervalů je zapotřebí dopočítat standardní chybu predikce SEP (Standard Error of Prediction). Jejíž výpočet se skládá z nejistoty pramenící z bodového odhadu a z náhodné složky modelu tvořené, jak náhodným efektem  $b_{new}$ , tak chybou modelu  $\varepsilon_{i,p,j}$ . Pakliže je predikován průměr z více pozorování, je třeba počítat s průměrem přes všechny chyby modelu:

$$SEP(Y_{new,p,j}) = \sqrt{\mathbf{c}_p^\top \hat{\Sigma} \mathbf{c}_p + \hat{\sigma}_b^2 + \hat{\sigma}_p^2},$$

(7): Predikce chyby jediného pozorování

$$SEP(Y_{new,p,*}) = \sqrt{\mathbf{c}_{p,*}^\top \hat{\Sigma} \mathbf{c}_{p,*} + \hat{\sigma}_b^2 + \frac{\hat{\sigma}_p^2}{n_Y}},$$

(8): Predikce chyby opakovaného pozorování

$$SEP(Y_{new,\Omega,*}) = \sqrt{\mathbf{c}_{\Omega,*}^\top \hat{\Sigma} \mathbf{c}_{\Omega,*} + \hat{\sigma}_b^2 + \frac{1}{n_Y m^2} \sum_{q \in \Omega} \hat{\sigma}_q^2},$$

(9): Predikce chyby opakovaného pozorování (přes sadu podmínek  $\Omega$ )

kde  $*$  značí průměr všech  $n_Y$  opakování za dané podmínky,  $\Omega \subset \mathcal{P}$  je podmnožina  $m$  podmínek, přes které je vytvořen průměr. Dále  $c_p, c_{p,*}, c_{\Omega,*}$  značí

koeficienty lineární kombinace udávající příslušný bodový odhad a  $\hat{\Sigma}$  je odhadnutá variační matice odhadů koeficientů  $\hat{\beta}$ .

Veličiny, u kterých jsou pouze vysoké hodnoty považovány za nežádoucí, jsou omezeny shora pomocí normy  $c^T \hat{\beta} + u_{0,95} * SEP$ , tedy horní mez jednostranného predikčního intervalu (upper\_95), kde  $u_{0,95}$  je 95% kvantil standardního normálního rozdělení. Analogicky v případech, kde jsou nežádoucí pouze velmi nízké hodnoty, jsou hodnoty omezeny zdola pomocí dolní hranice jednostranného predikčního intervalu  $c^T \hat{\beta} - u_{0,95} * SEP$  (lower\_05).

Jestliže je zapotřebí hodnocení posturální stability vymezovat intervalem shora i zdola, je použit oboustranný predikční interval s mezemi ( $c^T \hat{\beta} - u_{0,975} * SEP, c^T \hat{\beta} + u_{0,975} * SEP$ ), kde je použit 97,5% kvantil standardního normálního rozdělení  $u_{0,975}$  (lower\_025 a upper\_975).

Ve výsledcích jsou uvedeny přehledné tabulky predikovaných hodnot získaných aplikací, pro potřeby této práce upraveného, lineárního smíšeného modelu. V jednotlivých tabulkách se vyskytují názvy sloupců, které jsou popsány níže:

- **data set** - název testovacího protokolu;
- **nobs** - počet pozorování, které se průměrují při predikci;
- **designation** - označení parametru (shodný s normou NC Data Range (norm NC), která je uváděna v dokumentaci) (Natus Medical Inc., 2007, 2008, 2013);
- **lower\_025** - dolní mez oboustranného (omezení z obou stran) 95% predikčního intervalu (pro průměr pozorování daný podmínkou a opakováními);
- **lower\_05** - dolní mez jednostranného (omezení zespoda) 95% predikčního intervalu (pro průměr pozorování daný podmínkou a opakováními);
- **pred\_mean** - predikovaná průměrná hodnota pro danou podmínku (bodový odhad);
- **upper\_95** - horní mez jednostranného (omezení shora) 95% predikčního intervalu (pro průměr pozorování daný podmínkou a opakováními);
- **upper\_975** - horní mez oboustranného (omezení z obou stran) 95% predikčního intervalu (pro průměr pozorování daný podmínkou a opakováními);

- **SEP** - Standard Error of Prediction - standardní chyba predikce (po vynásobení kvantilu standardního normálního rozdělení udává šířku predikčního intervalu);
- **modře zvýrazněná políčka** představují typy norem, které jsou používány pro daný parametr testovacích protokolů SMEQ (omezením shora/zdola/z obou stran).

### 3.5.5.2 Stanovení statistického rozdílu mezi norm AN a norm NC

Výsledné porovnání nově vzniklých hodnot AN normy s NeuroCom Data Range hodnotami (norm NC) bylo vzhledem k dostatečnému počtu pozorování, provedeno pomocí Welchova t-testu, který je užíván pro hodnocení dat s nesterjními rozptyly. Pro vyhodnocení rozdílů byla stanovena hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ .

U predikovaných hodnot nově vzniklé normy AN jsou ve výsledných tabulkách (Příloha č. 3 - Tabulka 32, str. VII; Tabulka 33, str. XII) uvedeny i meze 95% a 97,5% predikčního intervalu. U všech predikovaných hodnot byly kromě průměrné hodnoty „**mean**“ stanoveny i meze 95% a 97,5% predikčního intervalu: „**lower\_025, lower\_05, upper\_95 a upper\_795**“, tak aby jednotlivé hodnoty norem mohly být záměrně ohraničeny (omezeny) hodnotou, která je dle charakteru testového protokolu využitelná. V jednotlivých výsledných tabulkách konkrétních testů jsou tedy uvedeny (modře označeny) hodnoty, které vyjadřují číselnou hodnotu normy AN pro daný testovací protokol.

U většiny dohledatelných normovaných hodnot norm NC, které lze dohledat v příslušných materiálech (Natus Medical Inc., 2007, 2008, 2013, 2016) (současně využívané NeuroCom Data Analyser Software pro klinické hodnocení výsledků každého testovaného jedince), jsou uvedeny pouze průměrné hodnoty (mean) a jejich standardní odchylky (SD).

Hodnoty, které jsou uveřejněny v manuálech systému, byly přepsány a zaznamenány do výsledných tabulek. Dále pak byly u každého parametru dopočítány i hodnoty vyjadřující 95% kvantil. Pro parametry jednotlivých testovacích protokolů, kde jsou pro hodnocení výsledků využívány maximální nebo minimální hodnoty, jsou tedy ohraničeny z jedné strany, tj. hodnota normy byla dána co nejvyšším nebo nejnižším

skórem, byla dopočítána hodnota rovna  $\text{pred\_mean} \pm 1,645 \cdot \text{SD}$ , což odpovídá predikované hodnotě (+)  $\text{lower\_05}$  / (-)  $\text{lower\_95}$  nově vzniklé normy AN.

Pro parametry jednotlivých testovacích protokolů, které pro vyhodnocení výsledků potřebují ohraničení hodnot z obou stran, byla hodnota původně uvedené průměrné hodnoty doplněna i výpočtem  $\text{pred\_mean} \pm 1,960 \cdot \text{SD}$ , což odpovídá predikované hodnotě (+)  $\text{lower\_025}$  / (-)  $\text{upper\_975}$  nově vzniklé normy AN.

Pro stanovení výsledné p-hodnoty s využitím Welchova t-testu byla porovnávána výsledná pravděpodobnostní rozdělení nově naměřených (norm AN) a původních posturografických dat, původní NC normy uváděné jako NeuroCom Data Range (norm NC). Testování bylo provedeno na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  a výsledná data Welchova t-testu jsou doplněna v kompletních výsledcích (Příloha č. 3 - Tabulka 32, str. VII; Tabulka 33, str. XII) o hodnotu stupňů volnosti testu -  $df$  (degree of freedom), standardní odchylku SD testu a výslednou hodnotu P-value. Hodnoty, které jsou považovány za statisticky významné, jsou ve všech výsledných tabulkách označeny zeleně.

### **3.5.5.3 Stanovení reliability testovacích protokolů – pilotní studie**

Stanovení reliability, resp. korelačního koeficientu každému jednotlivému parametru testovacích protokolů SMEQ, bylo provedeno pouze v rámci pilotního šetření vztahujícího se k práci na záměrně pilotně vytvořeném výzkumném mikrosouboru ( $n=9$ ), tzn. zjištěné hodnoty nelze obecně interpretovat jinak, než pro záměrný účel této práce.

Metodický postup, popis pilotáže a výsledky jsou tedy již uvedeny v této kapitole, tak aby byla zachována struktura práce, týkající se meritorního výzkumu.

Záměrně volený výzkumný soubor  $n=9$  (z toho 3 muži a 6 žen) se pohyboval v záměrně voleném věkovém rozmezí 20 – 30 let s průměrným věkem 25,17 ( $\pm 1,13$  let), o průměrné tělesné výšce 172,93 ( $\pm 6,85$  cm), průměrné tělesné váze 69,29 ( $\pm 10,01$  kg) a průměrném BMI 23,11 ( $\pm 3,78$ ). Kompletní charakteristické údaje výběrového mikrosouboru jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 4). Tento výzkumný soubor je souborem, jehož data byla použita pro stanovení reliability (Pearsonova korelačního koeficientu  $r$  a p-hodnoty korelace).

Tabulka 4: Popisná charakteristika výzkumného mikroouboru (n=9; muži 3, ženy 6)

	mean ± SD (SEM)	(min - max); MED
věk [roky]	25,173 ± 1,126 (0,425)	(23,140 – 26,896); 25,171
váha [kg]	69,285 ± 10,011 (3,784)	(53,000 - 80,000); 75,000
výška [cm]	172,928 ± 6,846 (2,587)	(165,500 - 184,000); 174,000
BMI [kg.m <sup>-2</sup> ]	23,112 ± 3,784 (1,017)	(19,233 - 27,382); 23,629

Legenda: mean - aritmetický průměr, SD - standardní odchylka, SEM - střední chyba průměru, min – minimální hodnota; max – maximální hodnota; MED - medián

Stanovení korelačního koeficientu bylo provedeno na základě testu - retestu, kdy probandi přesně dle stanovených podmínek (Natus Medical Inc., 2016) podstoupili kompletní baterii testových protokolů SMEQ. Všichni probandi se v jednom týdnu podrobili zácviku všemi testovanými protokoly a v následujícím týdnu opět podstoupili kompletní baterii testových protokolů SMEQ (test). Opakované měření (re-test) bylo provedeno v dalším období přesně s týdenním odstupem od prvního (testového) laboratorního měření.

V rámci testové statistiky byla tato pozorování (test – retest) vyhodnocena a byly stanoveny hodnoty níže uvedených statistických testů.

Jak bylo výše uvedeno, všechny použité statistické testy předpokládají adekvátní počet pozorování a mimo jiné i nezávislost jednotlivých pozorování posturografických testů). (Zvára, 2000) Přes výše zmíněné, byly v rámci tohoto pilotního šetření nedostatky ignorovány a výstupem pilotního šetření jsou hodnoty:

- Pearsonova korelačního koeficientu  $r$  (měří míru linearitu vztahu měření z testového a retestového týdne, tedy jak moc spolu souvisí);
- p-hodnoty testu nulovosti korelace, (korelace=0) na stanovené hladině významnosti  $\alpha < 0,05$ .

Korelační koeficienty dat z testového a retestového měření byly stanoveny u každého jednotlivého parametru testového protokolu, tj. byla korelována data všech výstupních parametrů základního dat-setu čítajícího 271 jednotlivých vyhodnotitelných položek u 9 probandů v rámci obou pozorování (test-retest). Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce (Příloha č. 4 - Tabulka 34, str. XIV). Významnými parametry dle

korelace jsou: **sdRT**, **aMVL**, **aMVL-L**, **DCL-F**, **DCL-RB**, **DCL-B**, **DCL-LB**, **DCL-LF**, **aDCL-F**, **sdDCL-F**, **aDCL-L**, **aDCL-R**, **sdDCL-R**, **aDCL-B**, **DCL-CMP**, **EPE-RB**, **EPE-LB**, **aEPE**, **sdEPE-L**, **EPE-CMP**, **MXE-F**, **MXE-B**, **MX-LB**, **MXE-R**, **aMXE**, **aMXE-F**, **aMXE-L**, **aMXE-R**, **aMXE-B**, **MXE-CMP**, **EQL5-T1**, **aEQL5**, **RAT-PREF**, **STRA2-T1**, **sdSTRA6**, **LLT-B-S**, **LAM-B-S**, **RAM-B-S**, **LLT-B-M**, **LAM-B-M**, **LLT-B-L**, **RLT-B-L**, **LAM-F-S**, **LLT-F-M**, **LAM-F-L**, **RAM-F-L**, **aLR-V-F**, **LSV-EO-T2**, **LSV-EO-T3**, **RSV-EO-T1**, **RSV-EC-T1**, **RSV-EC-T3**, **aLSV-EO**, **aRSV-EC**, **sdRSV-EC**, **LWBS-60**, **RWBS-60**, **aLWBS**, **aRWBS**, **TDN-5**

Tučně jsou označeny parametry, jejichž výsledek je významný u obou statistických testů, tj. korelačního koeficientu ( $\geq 0,8$ ) a p-hodnoty korelace ( $\geq 0,05$ ). Je skutečně třeba podotknout, že z osmi pozorování nejsou tyto výsledky spolehlivé ani přesvědčivé.

Pearsonův korelační koeficient a p-hodnota testu korelace byla stanovena i pro samotné testovací protokoly jako celek (Tabulka 5). Stanovení korelačních koeficientů pro celé testovací protokoly bylo provedeno použitím všech hodnot ze všech parametrů, které se v daném testovacím protokolu vyskytují u všech testovaných jedinců (s vědomou ignorací nezávislého a stejně rozděleného pozorování).

Tabulka 5: Reliabilita celkových parametrů SMEQ, test-retest, (n=9)

designation	nobs	hodnota r	p-hodnota korelace
RT	9	0,0433	0,7340
MVL	9	0,5378	< 0,0001
DC	9	0,7793	< 0,0001
EPE	9	0,6635	< 0,0001
MXE	9	0,8146	< 0,0001
EQL	19	0,7099	< 0,0001
STRA	18	0,5602	< 0,0001
SEN	4	0,8212	< 0,0001
WS	6	0,4804	0,0005
LLT	6	0,3658	0,0105
RLT	6	0,1967	0,1802
LAM	6	0,8175	< 0,0001
RAM	6	0,7442	< 0,0001
SS	6	0,3193	0,0269
OAV	12	0,9508	< 0,0001
DCL	9	0,4745	0,0006
SV		0,5634	< 0,0001
WBSL	4	0,5215	0,0022
WBSR	4	0,5215	0,0022
ADT	10	0,2348	0,0359

Legenda: designation – testový parametr SMEQ; nobs – počet použitých podmínek jednotlivých parametrů, P-hodnota t-testu – hodnota testové statistiky t-testu, r - korelační koeficient, P-hodnota korelace – hodnota tesové korelace; parametry: RT – Reaction Time, MVL – Movement Velocity, DCL – Directional Control, EPE – Endpoint Excursion, MXE – Maximal Excursion, EQL – Equilibrium Score, STRA – Strategy Analysis, SEN – Sensory Analysis, WS – Weight Symmetry, LLT – Letency levá strana, RLT – Latency pravá strany, LAM – Amplitude levá strana, RAM – Amplitude pravá strana, SS – Strenght Symmetry, OAV – On-Axis Velocity, DC – Directional Control, SV – Sway Velocity, WBSL – Weight Bearing Squat levé strany, WBSR – Weight Bearing Squat pravé strany, ADT – Adaptation Test

V tabulce (Tabulka 5) jsou uvedeny jednotlivé hodnoty testové statistiky popisující reliabilitu testových parametrů. Zeleně jsou vyznačeny významné p-hodnoty korelace, u kterých je zapotřebí zopakovat, že jsou vytvořeny pilotně, jako možný návodný proces pro případné další stanovování reliability testů.

Důkazem základní vlastnosti výše uvedených posturografických testů (obdoba motorických testů) je výše hodnoty koeficientu  $r$ . Koeficient by měl dosahovat hodnot mezi  $-1 \leq r \leq 1$ . Přehled výše korelačních koeficientů, dle kterého se mohou pilotně zjištěné hodnoty korelačních koeficientů vyhodnotit, je uveden dle Měkoty a Blahuše (1983) v tabulce (Tabulka 6). (Měkota & Blahuš, 1983)

*Tabulka 6: Posouzení spolehlivosti motorických testů dle Měkoty a Blahuše (1983)*

<b>posouzení</b>	<b>koeficient spolehlivosti „r“</b>
vysoká spolehlivost	$\geq 0,90$
dobrá spolehlivost (dostačující pro individuální diagnostiku)	$\geq 0,80$
nízká spolehlivost (dostačující pro skupinovou diagnostiku)	$\geq 0,70$
nedostačená spolehlivost	$\leq 0,69$

V rámci vyhodnocení korelačních koeficientů posturografických nebyla předpokládána záporná korelace (antikorelace). V tabulce (Tabulka 5 a Tabulka 34, str. XIV) jsou zeleně označeny hodnoty korelačního koeficientu vyšší než 0,8 i za předpokladu výše uvedených nedostatků pilotního šetření.



## 4. VÝSLEDKY

V této kapitole jsou v tabulkách uvedeny konkrétní hodnoty stanovené normy sportující populace (norm AN) pro každý testovací protokol zvlášť, které jsou doplněny o sloupce, ve kterých je vyjádřena hodnota Welchova t-tesu, stupeň volnosti a p-hodnota, popisující statistickou významnost odlišnosti nově vzniklé AN normy pro věkovou skupinu 20-30 let a příslušnou normu uváděnou jako NeuroCom Data Range (norm NC). Tyto hodnoty jsou importovány do SMEQ software a jsou tedy využívány jako referenční hodnoty pro klinické vyhodnocení testovaných jedinců v rámci hodnocení CDP. Vzhledem ke skutečnosti, že hodnoty norm NC jsou pro jednotlivé parametry tvořeny na různě velkém souboru s odlišnou věkovou hranicí, jsou tyto informace vždy uvedeny v jednotlivých grafech. Tj. u každého jednotlivého parametru daných testovacích protokolů jsou zobrazeny grafy, ze kterých jsou zaznamenány i konkrétní hodnoty obou norem a jejich grafické porovnání. U parametrů jednotlivých testovacích protokolů, u kterých žádné údaje či hodnoty norm NC nebyly dohledatelné, nebo je výrobce SMEQ v dostupných písemných materiálech neuvádí, jsou nově vzniklé hodnoty vyčíslené v tabulkách. Tam, kde se ve výsledných tabulkách vyskytuje místo konkrétní hodnoty znak pomlčky („-“), nebylo možné vyhodnotit testovou statistiku a stanovit hodnotu P-value z důvodu chybějících dat normy norm NC. Pro predikci hodnot byl použit heteroskedastický (tj. každá skupina měla vlastní rozptyl chyb) typ smíšeného modelu; kromě testovacího protokolu WBS, pro kterou byl použit homoskedastický typ smíšeného modelu.

Na obrázcích, exportovaných (Studio R) na základě nově stanovených normovaných hodnot norm AN, je jednoznačně patrné (z tvaru plochy šedivých polí a jejich linií ohraničující interval), jaké omezení rozsahu (shora, zdola či rozložení v rámci symetrie) přístrojem získaných údajů v rámci SMEQ měření lze považovat za adekvátní pro věkovou skupinu 20-30 sportující populace. Jednotlivé obrázky jsou analogicky graficky zpracované ke grafickému zpracování výsledků z SMEQ systému, který výsledky posturografického vyšetření nabízí v grafickém zobrazení v rámci exportovatelného dokumentu \*.pdf. Ilustrační obrázky z grafických exportů výsledků, které byly získány bez reálně naměřených dat, jsou ve výsledcích také uvedeny a to pro snadnost

vizuálního porovnání grafického znázornění nově vzniklé norm AN a běžně používané norm NC.

Grafické výstupy nově stanovených hodnot jednotlivých parameterů SMEQ jsou přehledně zobrazeny ve volné příloze (Příloha č. 6, str. XXI)

Popisky sloupců jsou záměrně uváděny v anglickém jazyce a to z důvodu snazší orientaci a efektivní možnost importování samotných hodnot nově vzniklého data-setu norm AN do vyhodnocovacího software SMEQ, který lze stanovenými hodnotami obohatit a rozšířit.

#### **4.1 VÝSLEDKY SOT – SENSORY ORGANISATION TEST**

Výsledné normativní hodnoty testovaných parametrů SOT byly stanoveny pomocí heteroskedastického smíšeného lineárního modelu a ve výsledných tabulkách jsou uvedeny konkrétní hodnoty normy AN a výsledky testové statistiky porovnávají obě normy. Ve sloupcových grafech jsou porovnány hodnoty norm AN (n=245) a norm NC (n=112) s uvedením konkrétních hodnot v dolní části grafu. Na obrázcích je zobrazeno grafické porovnání, kdy jsou pomocí modrých terčů vyjádřeny naměřené hodnoty výzkumné skupiny (n=245) a šedivými poli je ohraničen predikční interval. Hranici šedivého pole tvoří hodnota predikované normy, která je v obrázku také číselně vyjádřena.

U parametru Strategy Analysis nebyla výrobcem SMEQ norma stanovena, v rámci zpracování výsledků byla tato data vyhodnocena a ve výsledcích jsou tato data doplněna s uvedením konkrétních hodnot 95% a 97,5% predikčního intervalu, predikovaného bodového průměru hodnot (mean) a standardní odchylky predikované chyby (SEP), tak aby tyto hodnoty byly v případě potřeby a zájmu snadno importovatelné do NC Analyse Software.

#### 4.1.1 SOT – Equilibrium Score (EQL)

Tabulka 7: SOT – Equilibrium Score; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let

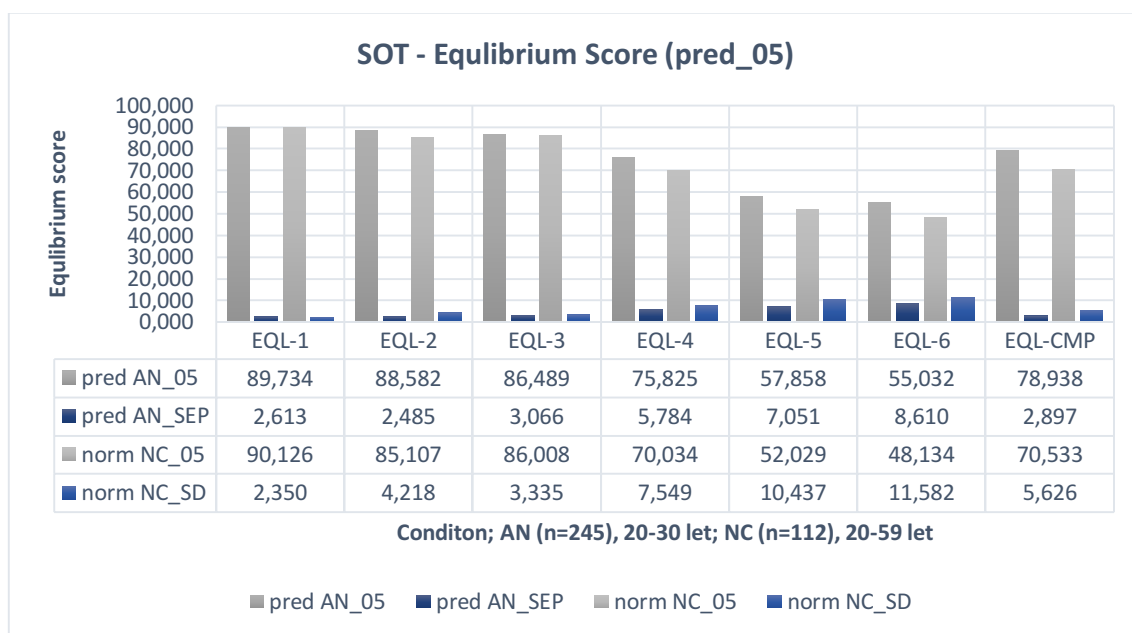
data set	nobs	designation	lower_05	mean	SEP	T hodnota	P-value
SOT	3	EQL-1	89,734	94,031	2,613	0,145	0,88480
SOT	3	EQL-2	88,582	92,669	2,485	1,455	0,14769
SOT	3	EQL-3	86,489	91,532	3,066	0,102	0,91859
SOT	3	EQL-4	75,825	85,339	5,784	3,595	0,00042
SOT	3	EQL-5	57,858	69,456	7,051	0,240	0,81095
SOT	3	EQL-6	55,032	69,193	8,610	1,640	0,10296
SOT	18	EQL-CMP	78,938	83,703	2,897	6,957	0,00000

Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; SEP - standardní chyba predikce; T hodnota – hodnota testové statistiky Welchova t-testu; P-value - p-hodnota; modře je označena hodnota normy; zeleně je označena signifikantní hodnota rozdílu při zvolené  $\alpha < 0,05$

V tabulce (Tabulka 7) jsou uvedeny výsledné predikované hodnoty normy AN parametru Equilibrium Score testovacího protokolu SOT. Modře je zvýrazněn sloupec **lower\_05**, který je zvolen pro predikovanou spodní hranici hodnot, kterých by minimálně měli dosáhnout potencionální probandi, ve věku mezi 20 a 30 lety.

Zeleně je zvýrazněna p-hodnota  $p=0,0042$  EQL-4 situace, tj. testovací kondice u které je umožněna kontrola zraku za současného pohybu testovací plošiny a stabilního vizuálního prostředí. Tato hodnota EQL-4 se prokázala statisticky významně odlišná při testování statistického rozdílu mezi hodnotami norm AN a norm NC. Další hodnota, která se prokázala jako staticky odlišná je hodnota  $p=0,0000$  EQL-CMP, což je kompozitní skór udávající v procentech míru stability jedince.

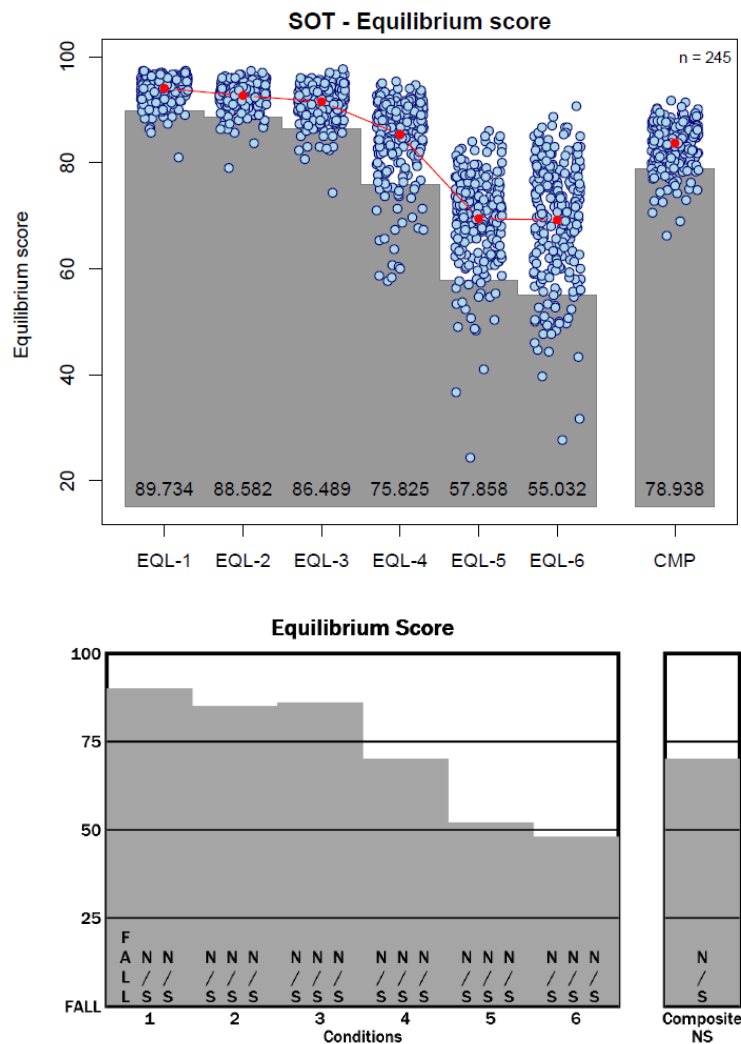
Graf 1: SOT – Equilibrium Score; porovnání hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let a norma NC (n=112), 20-59 let



Legenda: pred AN\_05 - hodnota predikované normy (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); pred AN\_SEP - standardní chyba predikce; norm NC\_05 - doplněná hodnota dolní mezi 95% intervalu normy NC; norm NC\_SD - směrodatná odchylka hodnoty NC normy; EQL-1 až 6 - hodnoty první až šesté testovací situace; EQL-CMP - kompositní skór;

V grafu (Graf 1) jsou porovnávány výsledné predikované hodnoty (lower\_05) norm AN a norm NC. Přestože oba testované soubory se liší svojí velikostí i věkovým rozvrstvením, predikované hodnoty se od hodnot původní normy statisticky liší pouze v parametrech (podmínkách) a to u EQL-4 a EQL-CMP. Ostatní vyhodnocené parametry (podmínky) se statisticky neliší.

Obrázek 6: SOT - Equilibrium Score; grafické znázornění výsledných hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let nahoře, norma NC (n=112), 20-59 let dole



Legenda: SOT – Equilibrium Score; CON 1-6 – první až šestá testovací situace (CON – condition); tj. předozadní posuny plošiny a předozadní pohyby vizuálního okolí či kombinace obojího; EQL-CMP – Composite Score (vážený průměr všech šesti situací); uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); ilustrační obrázek výsledků SOT bez reálně naměřených hodnot (zdroj: NeuroCom Analyse Software, 2020)

Obrázek 6 kromě horní linie šedivého pole ohraničující 95% predikční interval představující normativní hodnotu vzniklé AN normy, také zobrazuje zřetelný rozptyl výsledků, kterého dosáhl při testování výzkumný soubor (n=245). Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu a jednotlivé modré terče zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů (ve shlucích) a jejich rozptyl. Z tohoto obrázku je patrné, že se stoupající náročností testového protokolu (nemožnost vizuální kontroly a s

pohybující plošinou a vizuálním okolím) se i mění šíře rozptylu dosažených hodnot. V dolní části obrázku je uveden grafický záznam norm NC k snadnějšímu porovnání obou norem.

#### 4.1.2 SOT – Strategy Analysis (STRA)

V níže uvedených výsledcích jsou zobrazeny nově stanovené normativní hodnoty STRA 95% a 97,5% predikčního intervalu.

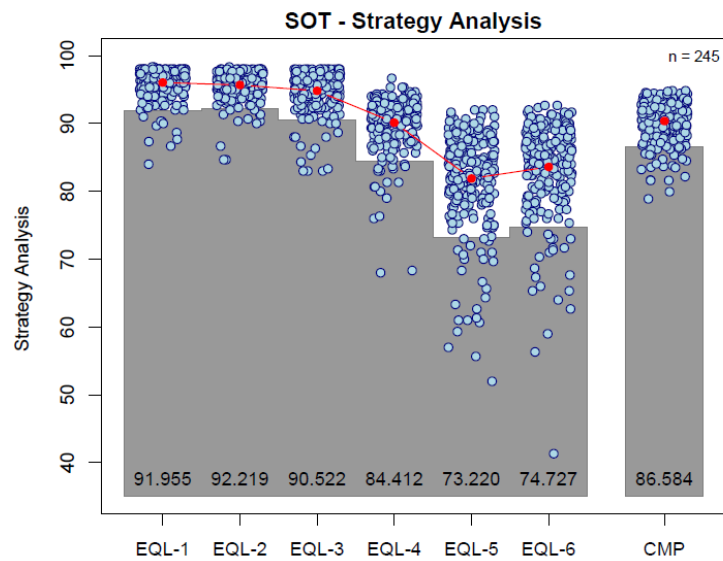
Tabulka 8: SOT – Strategy Analysis; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let

data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
SOT	3	STRA-1	91,173	91,955	96,038	100,121	100,903	2,482
SOT	3	STRA-2	91,557	92,219	95,672	99,126	99,787	2,100
SOT	3	STRA-3	89,698	90,522	94,819	99,117	99,940	2,613
SOT	3	STRA-4	83,317	84,412	90,129	95,846	96,942	3,476
SOT	3	STRA-5	71,559	73,220	81,891	90,562	92,224	5,272
SOT	3	STRA-6	73,027	74,727	83,600	92,473	94,173	5,395
SOT	18	STRA-CMP	85,861	86,584	90,358	94,133	94,856	2,295

Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_025 - dolní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; upper\_95 - horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; upper\_975 - horní mez oboustranného 95% predikčního intervalu SEP - standardní chyba predikce

V tabulce (Tabulka 8) jsou uvedeny výsledné predikované hodnoty normy AN parametru Strategy Analysis testovacího protokolu SOT. Modře je zvýrazněn sloupec **lower\_05**, který je zvolen pro predikovanou spodní hranici hodnot, kterých by minimálně měli dosáhnout potencionální sportující probandi, ve věku mezi 20 a 30 lety. Parametr STRA je parametr určující číselné vyjádření míry využití kotníkové či kyčelní strategie k udržení rovnováhy. Hodnoty, které se blíží k hodnotě 100, současně vyjadřují, že výzkumná skupina využívá v převaze kotníkové strategie pro udržení rovnováhy.

Obrázek 7: SOT - Strategy Analysis; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let



Legenda: SOT – Strategy Analysis; CON 1-6 – první až šestá testovací situace (CON – condition); tj. předozadní posuny plošiny a předozadní pohyby vizuálního okolí či kombinace obojího; CMP – Composite Score (vážený průměr všech šesti situací); uvedené hodnoty reprezentují predikovanou normu (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu)

Na obrázku (Obrázek 7) je, kromě horní linie šedivého pole ohraničující 95% predikční interval představující normativní hodnotu stanovené AN normy, také zřetelný rozptyl výsledků, kterého dosáhl při testování výzkumný soubor (n=245). Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu a jednotlivé modré terče zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů (ve shlucích) a jejich rozptyl. Z tohoto obrázku je patrné, že se stoupající náročností testového protokolu (nemožnost vizuální kontroly a s pohybující plošinou a vizuálním okolím) se i mění šíře rozptylu dosažených hodnot. Dále je zřetelné, že s náročností testu se mění i strategie k udržení stability stoje, tj. je zde zřetelný trend posunu od kyčelní ke kotníkové strategii.

### 4.1.3 SOT – Sensory Analysis (SEN)

Tabulka 9: SOT – Sensory Analysis; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let

data set	nobs	designation	lower_05	mean	SEP	T hodnota	P-value
SOT	1	RAT-SOM	91,955	0,943	0,026	1,246	0,21478
SOT	1	RAT-VIS	92,219	0,785	0,074	3,395	0,00083
SOT	1	RAT-VEST	90,522	0,591	0,090	0,230	0,81867
SOT	1	RAT-PREF	84,412	0,887	0,064	1,419	0,15752

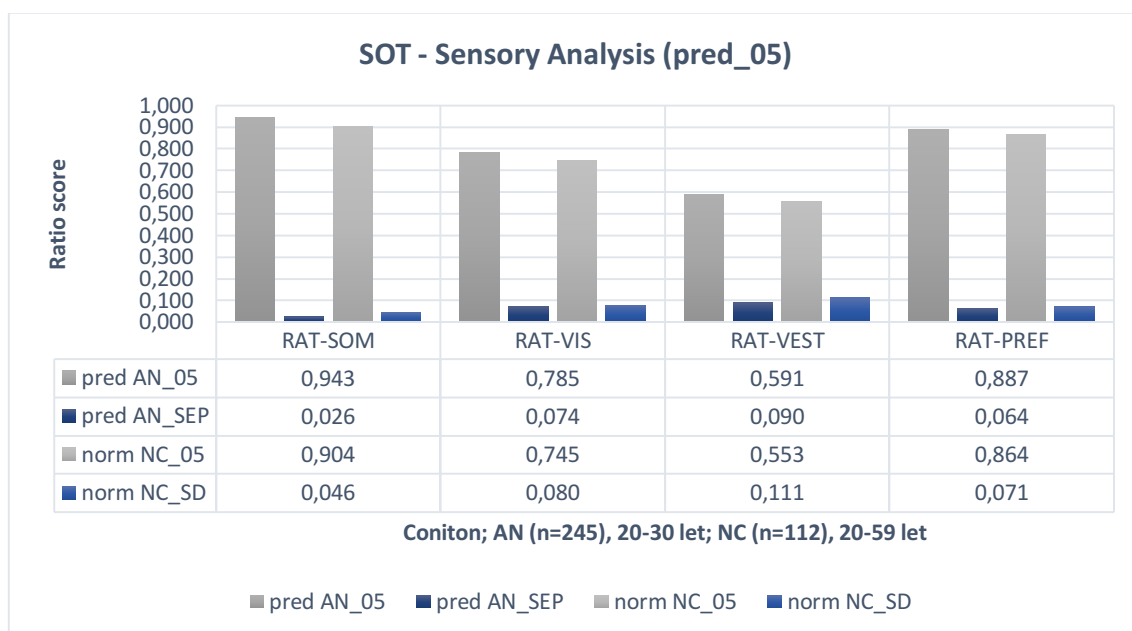
Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; SEP - standardní chyba predikce; T hodnota - hodnota testové statistiky Welchova t-testu; P-value - p-hodnota; modře je označena hodnota normy; zeleně je označena signifikantní hodnota rozdílu při zvolené  $\alpha < 0,05$

V tabulce (Tabulka 9) jsou uvedeny výsledné predikované hodnoty normy AN parametru Sensory Analysis testovacího protokolu SOT. Modře je zvýrazněn sloupec **lower\_05**, který je zvolen pro predikovanou spodní hranici hodnot, kterých by minimálně měli dosáhnout potenciální sportující probandi, ve věku mezi 20 a 30 lety.

Zeleně je zvýrazněna p-hodnota  $p=0,00083$  RAT-VIS, což je poměr vyhodnocující preferovaný systém, v tomto případě zrakový aparát, který je využit pro udržení stabilního stoje. Tato hodnota RAT-VIS se jako jediná prokázala statisticky významně odlišná při testování statistického rozdílu mezi hodnotami norm AN a norm NC.



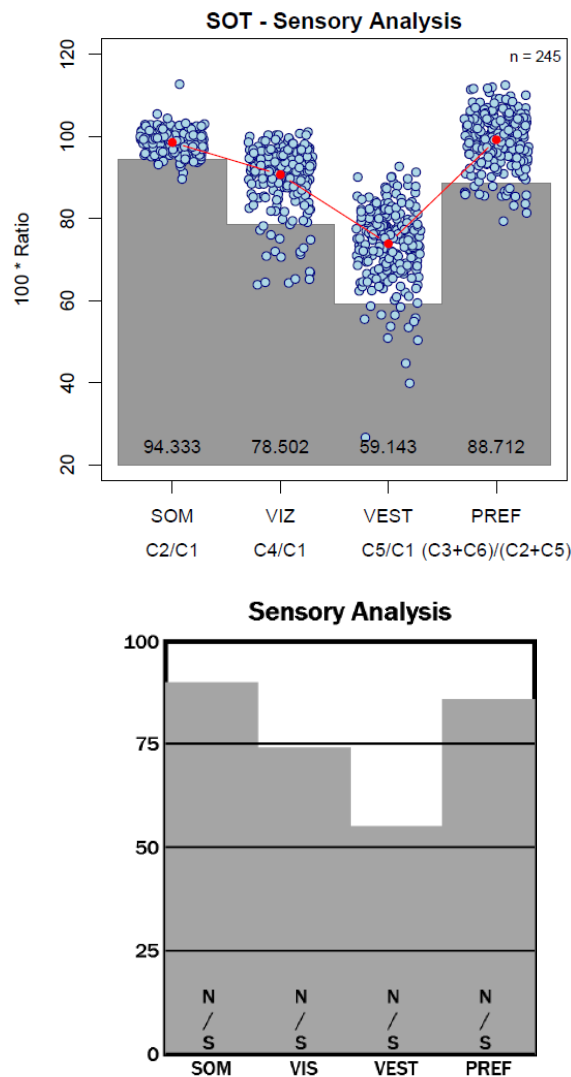
Graf 2: SOT – Sensory Analysis; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let a norma NC (n=112), 20-59 let



*Legenda: pred AN\_05 - hodnota predikované normy (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); pred AN\_SEP - standardní chyba predikce; norm NC\_05 - doplněná hodnota dolní meze 95% intervalu normy NC; norm NC\_SD - směrodatná odchylka hodnoty NC normy; RAT-SOM – somatosenzorický poměr (ratio); RAT-VIS – vizuální poměr (ratio); RAT-VEST – vestibulární poměr (ratio); RAT-PRE – preferenční skór*

V grafu (Graf 2) jsou porovnávány výsledné predikované hodnoty (lower\_05) norm AN a norm NC. Přestože oba testované soubory se liší svojí velikostí i věkovým rozvrstvením, predikované hodnoty se od hodnot původní normy statisticky liší pouze v parametru RAT-VIZ. Ostatní vyhodnocené parametry (podmínky) se statisticky neliší.

Obrázek 8: SOT – Sensory Analysis; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let nahoře a norma NC (n=112), 20-59 let dole



Legenda: nahoře: SOT – Equilibrium Score; CON 1-6 – první až šestá testovací situace (CON – condition); tj. předozadní posuny plošiny a předozadní pohyby vizuálního okolí či kombinace obojího; EQL-CMP – Composite Score (vážený průměr všech šesti situací); uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); dole: ilustrační obrázek výsledků SOT bez reálně naměřených hodnot (zdroj: NeuroCom Analyse Software, 2020)

Na horní části obrázku (Obrázek 8) je, kromě horní linie šedivého pole ohraničující 95% predikční interval představující normativní hodnotu vzniklé norm AN, také zřetelný rozptyl výsledků, kterého dosáhl při testování výzkumný soubor (n=245). Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu a jednotlivé modré terče zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů (ve slucích) a jejich rozptyl. V porovnání s obrázkem v dolní části, graficky znázorňující hodnoty norm NC, je zřetelné, že obě normy dosahují nejnižších hodnot u parametru RAT-VEST.

## 4.2 VÝSLEDKY LOS – LIMITS OF STABILITY

Výsledné normativní hodnoty všech parametrů LOS byly stanoveny pomocí heteroskedastického smíšeného lineárního modelu a ve výsledných tabulkách jsou uvedeny konkrétní hodnoty normy AN a výsledky testové statistiky porovnávají obě normy. Ve sloupcových grafech jsou porovnány hodnoty norm AN (n=245) a norm NC (n=74) s uvedením konkrétních hodnot v dolní části grafu. Na obrázcích je zobrazeno grafické porovnání, kdy jsou pomocí modrých terčů vyjádřeny naměřené hodnoty výzkumné skupiny (n=245) a šedivými poli je ohraničen predikční interval. Hranici šedivého pole tvoří hodnota predikované normy, která je v obrázku také číselně vyjádřena.

U parametru Reaction Time nebyla výrobcem SMEQ norma stanovena pro všechny jednotlivé podmínky. Ve výsledcích jsou tato data doplněna a jsou zde uvedeny i konkrétní hodnoty 95% a 97,5% predikčního intervalu, predikovaný bodový průměr hodnot (mean) a standardní odchylka predikované chyby (SEP), tak aby tyto hodnoty byly v případě potřeby a zájmu snadno importovatelné do NC Analyse Software.

#### 4.2.1 LOS – Reaction Time (RT)

Tabulka 10: LOS – Reaction Time; výsledné normativní hodnoty – směr F, B, R a L; norma AN (n=245), 20-30 let

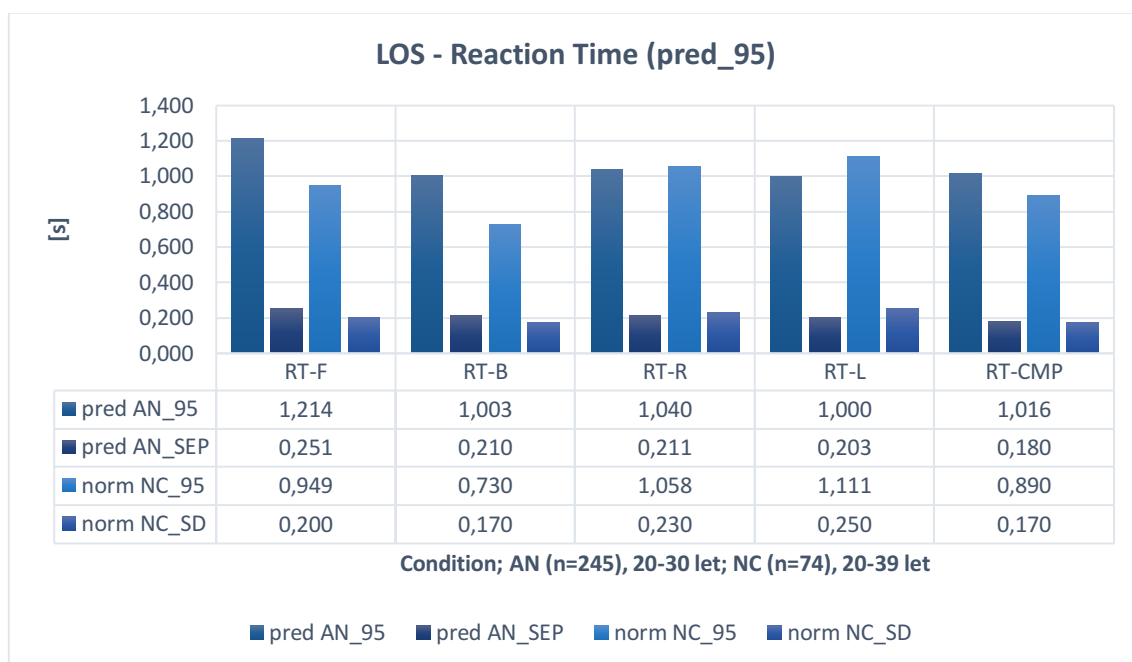
data set	nobs	designation	upper_95	mean	SEP	T hodnota	P-value
LOS	3	RT-F	1,214	0,802	0,251	6,463	0,00000
LOS	3	RT-B	1,003	0,658	0,210	8,718	0,00000
LOS	3	RT-R	1,040	0,693	0,211	0,445	0,65687
LOS	3	RT-L	1,000	0,667	0,203	-1,040	0,30079
LOS	8	RT-CMP	1,016	0,720	0,180	4,824	0,00000

Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; upper\_95 - horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; SEP - standardní chyba predikce; T hodnota - hodnota testové statistiky Welchova t-testu; P-value - p-hodnota; modře je označena hodnota normy; zeleně je označena signifikantní hodnota rozdílu při zvolené  $\alpha < 0,05$

V tabulce (Tabulka 10) jsou uvedeny výsledné predikované hodnoty normy AN parametru Reaction Time testovacího protokolu LOS. Modře je zvýrazněn sloupec **upper\_95**, který je zvolen pro predikovanou horní hranici hodnot, kterou by měli maximálně dosáhnout potencionální sportovci, ve věku mezi 20 a 30 lety.

Zeleně jsou zvýrazněny p-hodnoty  $p=0,00000$  RT-F, RT-B a RT-CMP, které popisují statistický významný rozdíl odlišnosti hodnot jednotlivých norem norm AN a norm NC.

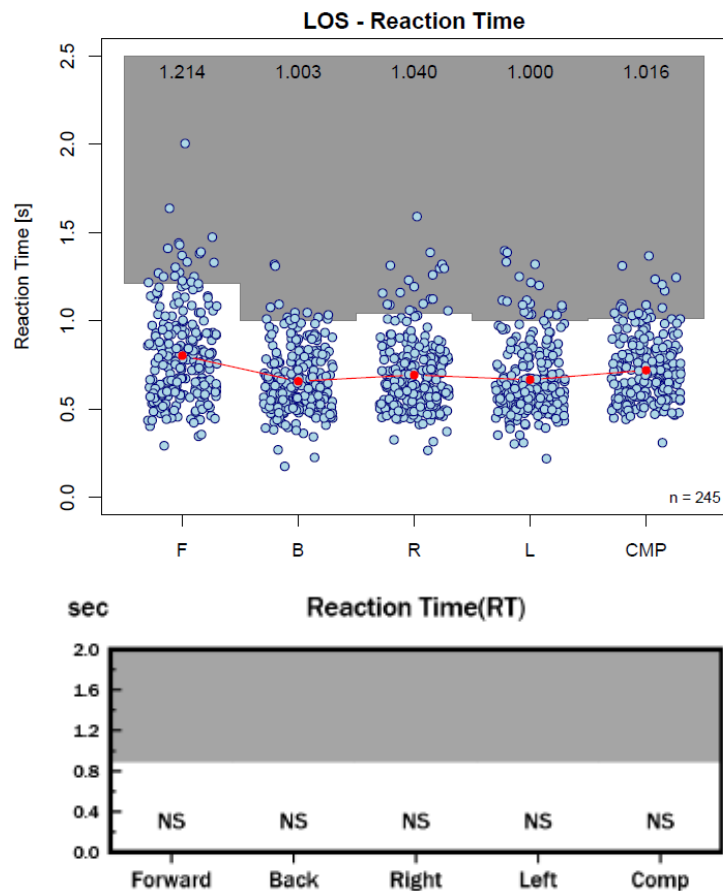
Graf 3: LOS – Reaction Time; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let



Legenda: pred AN\_95 - hodnota predikované normy (horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); pred AN\_SEP - standardní chyba predikce; norm NC\_95 - doplněná hodnota horní meze 95% intervalu normy NC; norm NC\_SD - směrodatná odchylka hodnoty NC normy; RT – Reaction Time; F/forward, B/backward, R/right, L/left – hodnoty jednotlivých směrů; CMP – kompositní skór

V grafu (Graf 3) jsou porovnávány výsledné predikované hodnoty (upper\_95) norm AN a norm NC. U toho testového protokolu není příliš rozdílné věkové rozhraní testovaných skupin. Přesto se hodnoty rozdílu statisticky liší na testované hladině významnosti ve třech parametrech: RT-F, RT-B a RT-CMP.

Obrázek 9: LOS – Reaction Time; grafické znázornění výsledných normativních hodnot – směr F, B, R a L; norma AN (n=245), 20-30 let nahoře a norma NC (n=112), 20-59 let dole



Legenda: nahoře: LOS – Reaction Time; F/forward, B/backward, R/right, L/left – hodnoty jednotlivých směrů; CMP – kompozitní skóre; uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); dole: ilustrační obrázek výsledků LOS bez reálně naměřených hodnot (zdroj: NeuroCom Analyse Software, 2020)

Na horní části obrázku (Obrázek 9) je, kromě dolní linie šedivého pole ohraničující 95% predikční interval představující normativní hodnotu vzniklé AN normy, také zřetelný rozptyl výsledků, kterého dosáhl při testování výzkumný soubor (n=245). Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu a jednotlivé modré terče zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů (ve shlucích) a jejich rozptyl. V porovnání s obrázkem v dolní části, graficky znázorňující hodnoty norm NC, je zřetelné, že nově stanovená norma je pro jednotlivé směry specifitěji nastavena, než norm NC.

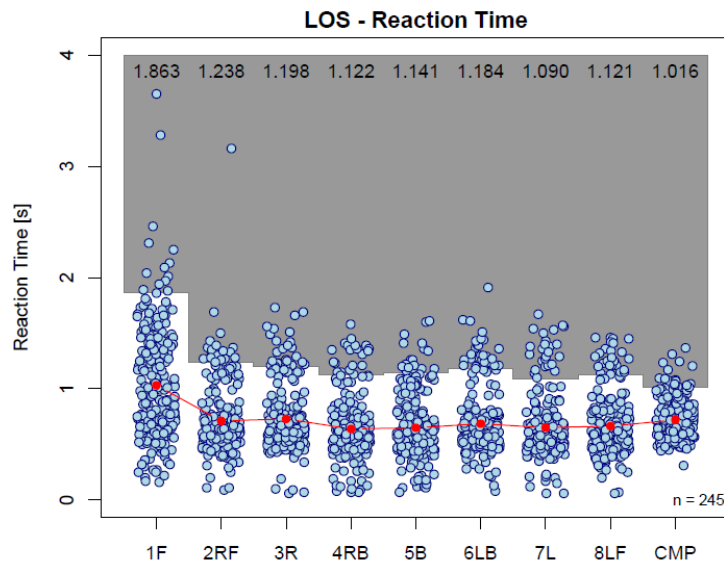
Tabulka 11: LOS – Reaction Time; nově stanovené normativní hodnoty – směr 1F, 2RF, 3R, RB, 5B, 6LB, 7L, 8LF; norma AN (n=245), 20-30 let

data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
LOS	1	RT-1F	0,041	0,200	1,032	1,863	2,022	0,505
LOS	1	RT-2RF	0,084	0,185	0,711	1,238	1,339	0,320
LOS	1	RT-3R	0,170	0,260	0,729	1,198	1,288	0,285
LOS	1	RT-4RB	0,065	0,157	0,640	1,122	1,214	0,293
LOS	1	RT-5B	0,065	0,159	0,650	1,141	1,235	0,299
LOS	1	RT-6LB	0,092	0,187	0,685	1,184	1,279	0,303
LOS	1	RT-7L	0,128	0,212	0,651	1,090	1,174	0,267
LOS	1	RT-8LF	0,120	0,207	0,664	1,121	1,209	0,278

Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_025 - dolní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; upper\_95 - horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; upper\_975 - horní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; SEP - standardní chyba predikce

V tabulce (Tabulka 11) jsou uvedeny konkrétní hodnoty 95% a 97,5% predikčního intervalu, predikovaný bodový průměr hodnot (mean) a standardní odchylka predikované chyby (SEP), u parametru jednotlivých parametrů představující konkrétní směry všech 8 možných orientací. Modře je zvýrazněn sloupec **upper\_95**, který je zvolen pro predikovanou horní hranici hodnot. Norma NC tyto parametry neuvádí, resp. uvádí zkombinované výsledky jednotlivých směrů (uvedené v tabulce 11) a to tak, že uvádí průměr ze tří systematicky sjednocených směrů (parametr RT-F je průměrem hodnot 1F, 2RF a 8LF; parametr RT-R je průměrem hodnot RT-RF, RT-R a RT-RB apod.) Možnost využití všech osmi samostatně vyhodnocených směrů se jeví jako citlivější pro hodnocení posturální stability sportovců.

Obrázek 10: LOS – Reaction Time; grafické znázornění výsledných normativních hodnot – směr 1F, 2RF, 3R,RB, 5B, 6LB, 7L, 8LF a CMP; norma AN (n=245), 20-30 let



Legenda: SOT – Reaction Time; 1F/forward, 2RF/right-forward, 3R/right, 4RB/right-backward, 5B/backward, 6LB/left-backward, 7L/left, 8LF/left-backward – hodnoty jednotlivých směrů; CMP – kompozitní skóre; uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu)

Na obrázku (Obrázek 10) je, kromě dolní linie šedivého pole ohraničující 95% predikční interval představující normativní hodnotu vzniklé AN normy, také zřetelný rozptyl výsledků, kterého dosáhl při testování výzkumný soubor (n=245). Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu a jednotlivé modré terče zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů (ve shlucích) a jejich rozptyl. Tento obrázek vyjadřuje grafické znázornění všech vyšetřovaných směrů, které se v rámci testu LOS vyšetřují. Vzhledem k již provedeným studiím jsou tyto normované hodnoty ve vztahu k sportující populaci a konkrétnímu vlivu specifičnosti jakéhokoliv sportu velmi potřebné.



#### 4.2.2 LOS – Movement Velocity (MVL)

Tabulka 12: LOS – Movement Velocity; výsledné normativní hodnoty – směr F, B, R a L; norma AN (n=245), 20-30 let

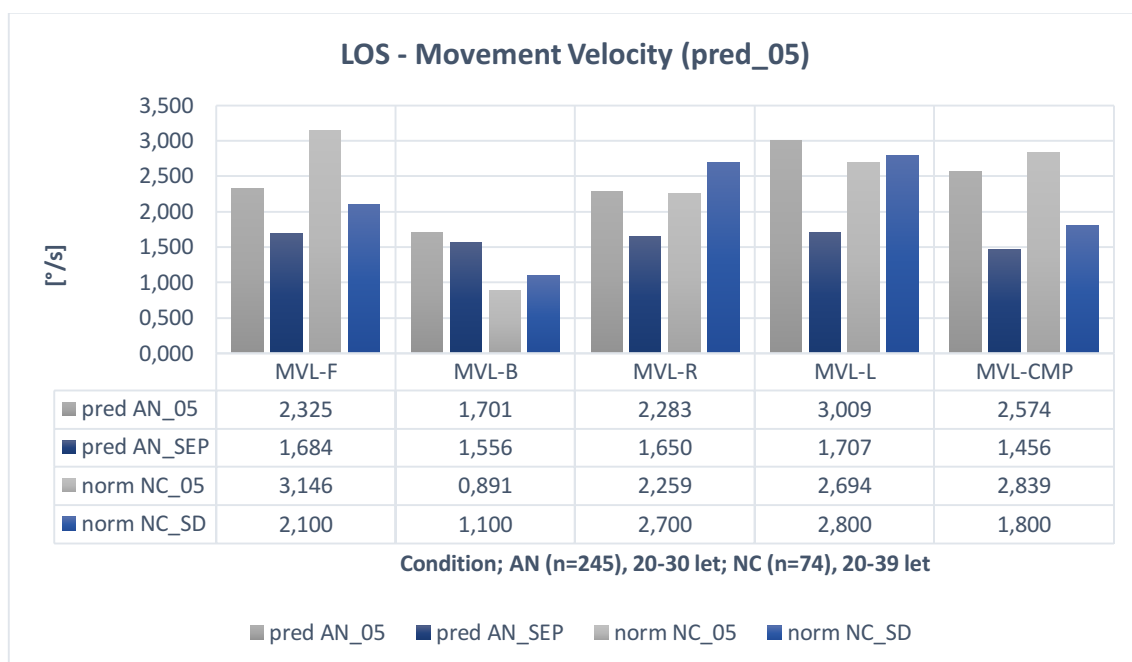
data set	nobs	designation	lower_05	mean	SEP	T hodnota	P-value
LOS	3	MVL-F	2,325	5,095	1,684	-5,643	0,00000
LOS	3	MVL-B	1,701	4,260	1,556	9,633	0,00000
LOS	3	MVL-R	2,283	4,997	1,650	-5,145	0,00000
LOS	3	MVL-L	3,009	5,816	1,707	-4,323	0,00004
LOS	8	MVL-CMP	2,574	4,969	1,456	-3,631	0,00044

Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměřovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; SEP - standardní chyba predikce; T hodnota - hodnota testové statistiky Welchova t-testu; P-value - p-hodnota; modře je označena hodnota normy; zeleně je označena signifikantní hodnota rozdílu při zvolené  $\alpha < 0,05$

V tabulce (Tabulka 12) jsou uvedeny výsledné predikované hodnoty normy AN parametru Movement Velocity testovacího protokolu LOS. Modře je zvýrazněn sloupec **lower\_05**, který je zvolen pro predikovanou dolní hranici hodnot, kterou by měli maximálně dosáhnout potencionální sportovci, ve věku mezi 20 a 30 lety.

Zeleně jsou zvýrazněny p-hodnoty  $p=0,00004$  MVL-L a  $p=0,00044$  MVL-CMP;  $p=0,00000$  MVL-F a MVL-B, které popisují statistický významný rozdíl odlišnosti hodnot jednotlivých norem norm AN a norm NC.

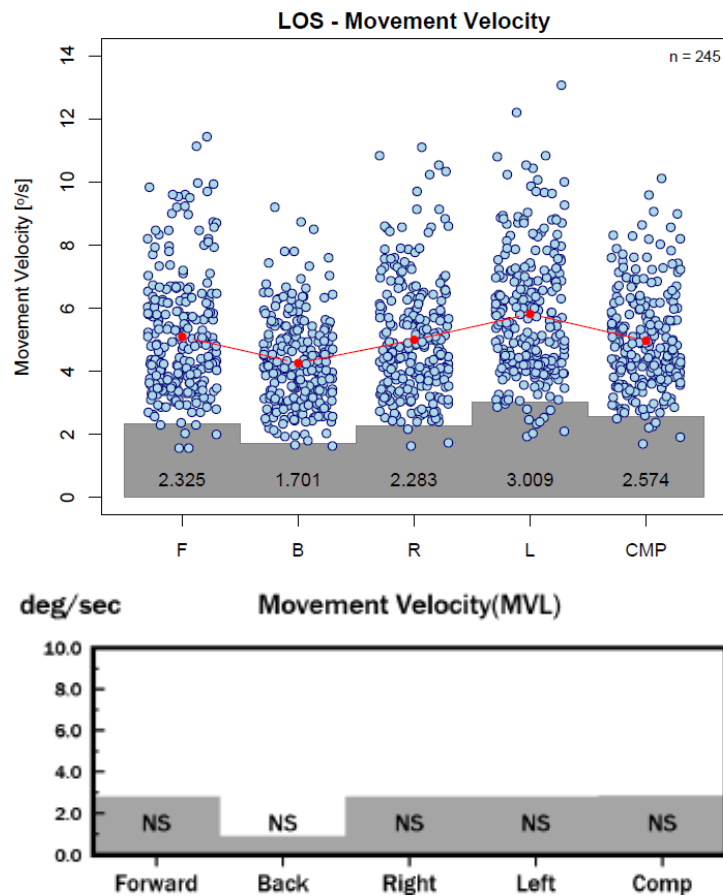
Graf 4: LOS – Movement Velocity; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let



Legenda: pred AN\_05 - hodnota predikované normy (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); pred AN\_SEP - standardní chyba predikce; norm NC\_05 - doplněná hodnota dolní meze 95% intervalu normy NC; norm NC\_SD - směrodatná odchylka hodnoty NC normy; MVT – Movement Velocity; F/forward, B/backward, R/right, L/left – hodnoty jednotlivých směrů; CMP – kompositní skór

V grafu (Graf 4) jsou porovnávány výsledné predikované hodnoty (lower\_05) norm AN a norm NC. U toho testového protokolu není příliš rozdílné věkové rozhraní testovaných skupin. Přesto se hodnoty rozdílů statisticky liší na testované hladině významnosti ve všech pěti hodnocených parametrech: MVL-F, MVL-B, MVL-R, MVL-L i MVL-CMP.

Obrázek 11: LOS – Movement Velocity; grafické znázornění výsledných normativních hodnot – směr F, B, R a L; norma (n=245), 20-30 let



Legenda: nahoře: MVT – Movement Velocity; F/forward, B/backward, R/right, L/left – hodnoty jednotlivých směrů; uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); dole: ilustrační obrázek výsledků MVT bez reálně naměřených hodnot (zdroj: NeuroCom Analyse Software, 2020)

Na horní části obrázku (Obrázek 11) je, kromě horní linie šedivého pole ohraničující 95% predikční interval představující normativní hodnotu vzniklé AN normy, také zřetelný rozptyl výsledků, kterého dosáhl při testování výzkumný soubor (n=245). Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu a jednotlivé modré terče zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů (ve slucích) a jejich rozptyl. V porovnání s obrázkem v dolní části, graficky znázorňující hodnoty norm NC, je zřetelné, že nově stanovená norma je pro jednotlivé směry specifitěji nastavena, než norm NC. Tento rozdíl je nejvíce patrný ve směru MVL-L, kdy se zdá, že z podstaty provádění testu, který je měřen vždy ve směru hodinových ručiček, tj. směr MVL-L (vlevo) je měřen již po proběhnutších testech vpřed, vpravo a vzad, nejvíce ovlivněn již proběhlou zkušeností a zřetelnou adaptací.

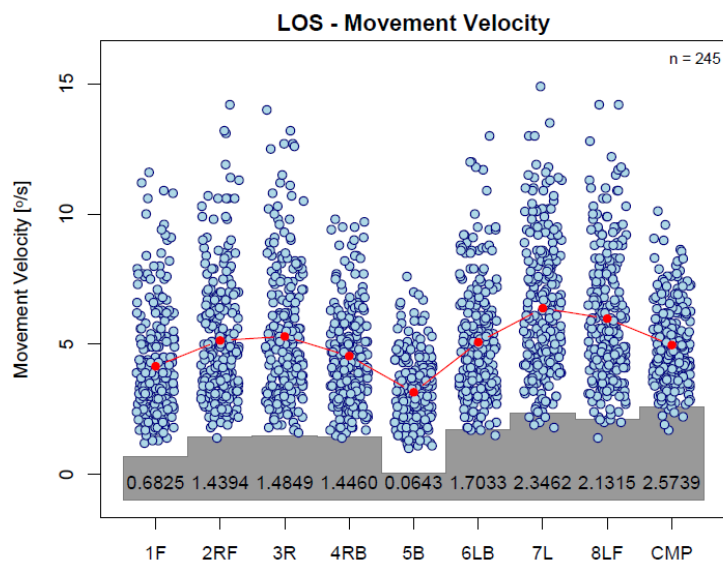
Tabulka 13: LOS – Movement Velocity; nově stanovené normativní hodnoty – směr 1F, 2RF, 3R, RB, 5B, 6LB, 7L, 8LF; norma AN (n=245), 20-30 let

data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
LOS	1	MVL-1F	0,017	0,682	4,156	7,629	8,294	2,111
LOS	1	MVL-RF	0,730	1,439	5,143	8,846	9,556	2,252
LOS	1	MVL-3R	0,754	1,485	5,300	9,116	9,847	2,320
LOS	1	MVL-4RB	0,852	1,446	4,547	7,647	8,241	1,885
LOS	1	MVL-5B	-0,528	0,064	3,155	6,245	6,837	1,879
LOS	1	MVL-6LB	1,057	1,703	5,080	8,456	9,103	2,053
LOS	1	MVL-7L	1,573	2,346	6,383	10,419	11,193	2,454
LOS	1	MVL-8LF	1,393	2,132	5,986	9,840	10,578	2,343

Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_025 - dolní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; upper\_95 - horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; upper\_975 - horní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; SEP - standardní chyba predikce

V tabulce (Tabulka 13) jsou uvedeny konkrétní hodnoty 95% a 97,5% predikčního intervalu, predikovaný bodový průměr hodnot (mean) a standardní odchylka predikované chyby (SEP), u parametru jednotlivých parametrů představující konkrétní směry všech 8 možných orientací. Modře je zvýrazněn sloupec **lower\_05**, který je zvolen pro predikovanou dolní hranici hodnot. Norma NC tyto parametry neuvádí, resp. uvádí zkombinované výsledky jednotlivých směrů (uvedené v tabulce 13) a to tak, že uvádí průměr ze tří systematicky sjednocených směrů (parametr MVL-F je průměrem hodnot 1F, 2RF a 8LF; parametr RT-R je průměrem hodnot MVL-RF, MVL-R a MVL-RB apod.) Možnost využití všech osmi samostatně vyhodnocených směrů se jeví jako citlivější pro hodnocení posturální stability sportovců.

Obrázek 12: LOS – Movement Velocity; grafické znázornění výsledných normativních hodnot - směr 1F, 2RF, 3R, RB, 5B, 6LB, 7L, 8LF; norma AN (n=245), 20-30 let



Legenda: MVT – Movement Velocity; 1F/forward, 2RF/right-forward, 3R/right, 4RB/right-backward, 5B/backward, 6LB/left-backward, 7L/left, 8LF/left-backward – hodnoty jednotlivých směrů; uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu)

Na obrázku (Obrázek 12) je, kromě horní linie šedivého pole ohraničující 95% predikční interval představující normativní hodnotu vzniklé AN normy, také zřetelný rozptyl výsledků, kterého dosáhl při testování výzkumný soubor (n=245). Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu a jednotlivé modré terče zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů (ve shlucích) a jejich rozptyl. Tento obrázek vyjadřuje grafické znázornění všech vyšetřovaných směrů, které se v rámci testu LOS vyšetřují. Vzhledem k již provedeným studiím jsou tyto normované hodnoty ve vztahu k sportující populaci a konkrétnímu vlivu specifičnosti jakéhokoliv sportu velmi potřebné. Z obrázku je zřetelné, že obecně nejméně přísné hodnoty jsou nastaveny pro směr 5B, což znamená vyšetření limitů stability směrem vzad. Současně je z grafického vyjádření šedivých polí zřetelné, že s průběhem testu, tak jak je metodikou NC vyžadován, nastává adaptace v rámci motorického učení a obecně se dosahuje lepších výsledků, tj. norma AN, jež je predikována absolutním členem, toto zohledňuje.

### 4.2.3 LOS – Directional Control (DCL)

Tabulka 14: LOS – Directional Control; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let

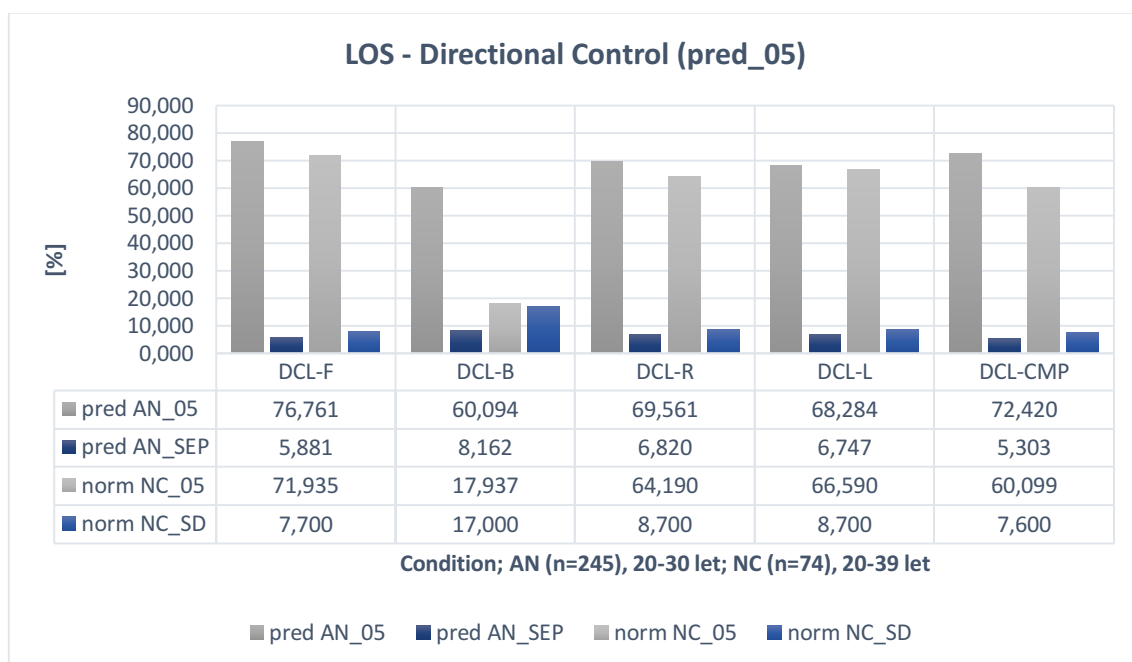
data set	nobs	designation	lower_05	mean	SEP	T hodnota	P-value
LOS	3	DCL-F	76,761	86,434	5,881	1,889	0,06175
LOS	3	DCL-B	60,094	73,520	8,162	13,514	0,00000
LOS	3	DCL-R	69,561	80,778	6,820	2,069	0,04112
LOS	3	DCL-L	68,284	79,382	6,747	-1,380	0,17052
LOS	8	DCL-CMP	72,420	81,143	5,303	9,029	0,00000

Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; SEP - standardní chyba predikce; T hodnota - hodnota testové statistiky Welchova t-testu; P-value - p-hodnota; modře je označena hodnota normy; zeleně je označena signifikantní hodnota rozdílu při zvolené  $\alpha < 0,05$

V tabulce (Tabulka 14) jsou uvedeny výsledné predikované hodnoty normy AN parametru Directional Control testovacího protokolu LOS. Modře je zvýrazněn sloupec **lower\_05**, který je zvolen pro predikovanou dolní hranici hodnot, kterou by měli maximálně dosáhnout potencionální sportovci, ve věku mezi 20 a 30 lety.

Zeleně jsou zvýrazněny p-hodnoty  $p=0,00000$  DCL-B a DCL-CMP, které popisují statistický významný rozdíl odlišnosti hodnot jednotlivých norem norm AN a norm NC.

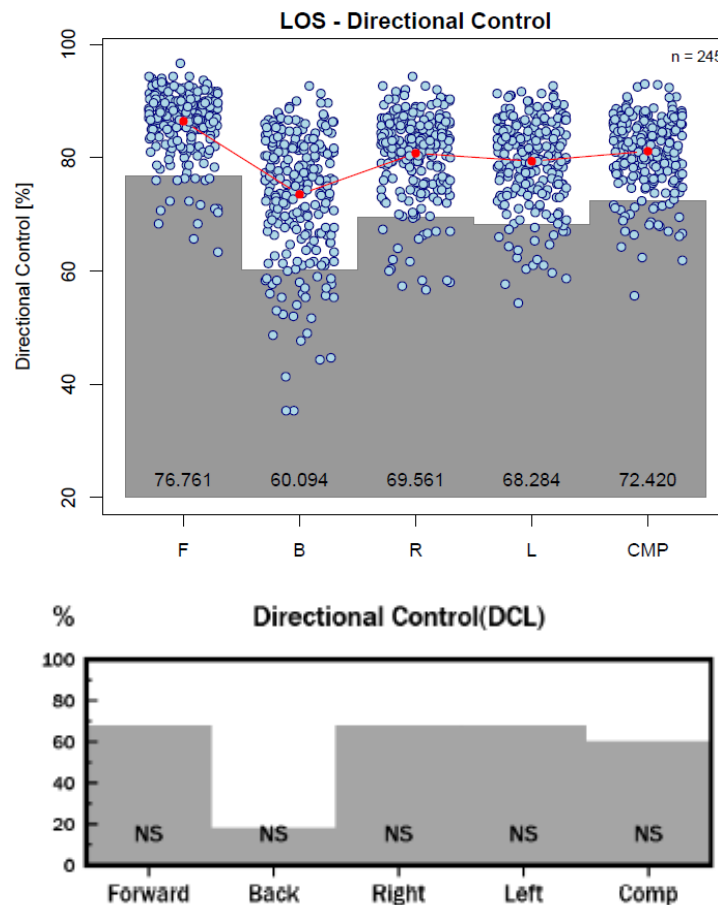
Graf 5: LOS – Directional Control; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let



*Legenda: pred AN\_05 - hodnota predikované normy (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); pred AN\_SEP - standardní chyba predikce; norm NC\_05 - doplněná hodnota dolní meze 95% intervalu normy NC; norm NC\_SD - směrodatná odchylka hodnoty NC normy; DCL – Movement Velocity; F/forward, B/backward, R/right, L/left – hodnoty jednotlivých směrů; CMP – kompositní skór*

V grafu (Graf 5) jsou porovnávány výsledné predikované hodnoty (lower\_05) norm AN a norm NC. U toho testového protokolu není příliš rozdílné věkové rozhraní testovaných skupin. Přesto se hodnoty rozdílu statisticky liší na testované hladině významnosti ve dvou z pěti hodnocených parametrů DCL-B a DCL-CMP.

Obrázek 13: LOS – Directional Control; grafické znázornění výsledných normativních hodnot – směr F, B, L a R; norma AN (n=245), 20-30 let



Legenda: nahoře: DCL – Directional Control; F/forward, B/backward, R/right, L/left – hodnoty jednotlivých směrů; uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); dole: ilustrační obrázek výsledků DCL bez reálně naměřených hodnot (zdroj: NeuroCom Analyse Software, 2020)

Na horní části obrázku (Obrázek 13) je, kromě horní linie šedivého pole ohraničující 95% predikční interval představující normativní hodnotu vzniklé AN normy, také zřetelný rozptyl výsledků, kterého dosáhl při testování výzkumný soubor (n=245). Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu a jednotlivé modré terče zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů (ve slucích) a jejich rozptyl. V porovnání s obrázkem v dolní části, graficky znázorňující hodnoty norm NC, je zřetelné, že nově stanovená norma je pro jednotlivé směry specifičtěji nastavena, než norm NC. Tento rozdíl je nejvíce patrný ve směru DCL-L, kdy se zdá, že z podstaty provádění testu, který je měřen vždy ve směru hodinových ručiček, tj. směr DCL-L (vlevo) je měřen již po proběhnutších testech vpřed, vpravo a vzad, nejvíce ovlivněn již



proběhlou zkušeností a zřetelnou adaptací. Hodnota DCL-COM je díky změnám v DCL-L a DCL-B také s pochopením změněna.

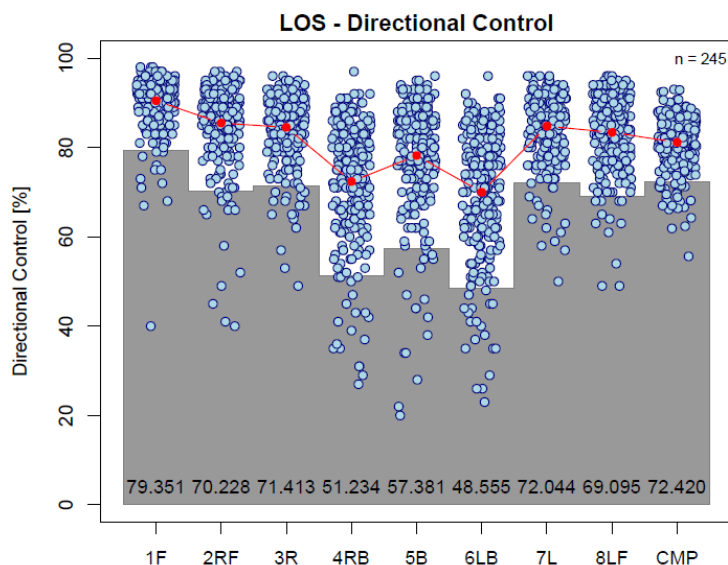
Tabulka 15: LOS – Directional Control; nově stanované normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let

data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
LOS	1	DCL-1F	77,221	79,351	90,469	101,588	103,718	6,759
LOS	1	DCL-2RF	67,308	70,228	85,469	100,711	103,631	9,266
LOS	1	DCL-3R	68,904	71,413	84,510	97,607	100,116	7,962
LOS	1	DCL-4RB	47,188	51,234	72,355	93,476	97,522	12,841
LOS	1	DCL-5B	53,394	57,381	78,196	99,011	102,998	12,655
LOS	1	DCL-6LB	44,445	48,555	70,008	91,461	95,571	13,042
LOS	1	DCL-7L	69,605	72,044	84,776	97,507	99,947	7,740
LOS	1	DCL-8LF	66,361	69,095	83,363	97,632	100,365	8,675

Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_025 - dolní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; upper\_95 - horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; lower\_975 - horní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; SEP - standardní chyba predikce

V tabulce (Tabulka 15) jsou uvedeny konkrétní hodnoty 95% a 97,5% predikčního intervalu, predikovaný bodový průměr hodnot (mean) a standardní odchylka predikované chyby (SEP), u parametru jednotlivých parametrů představující konkrétní směry všech 8mi možných orientací. Modře je zvýrazněn sloupec **lower\_05**, který je zvolen pro predikovanou dolní hranici hodnot. Norma NC tyto parametry neuvádí, resp. uvádí zkombinované výsledky jednotlivých směrů (uvedené v tabulce 15) a to tak, že uvádí průměr ze tří systematicky sjednocených směrů (parametr DCL-F je průměrem hodnot 1F, 2RF a 8LF; parametr DCL-R je průměrem hodnot DCL-RF, DCL-R a DCL-RB apod.) Možnost využití všech osmi samostatně vyhodnocených směrů se jeví jako citlivější pro hodnocení posturální stability sportovců a to zvláště v případě, že hodnoty jednotlivých norem jsou i signifikantně odlišné.

Obrázek 14: LOS – Directional Control; grafické znázornění výsledných normativních hodnot – směr 1F, 2RF, 3R, 4RB, 5B, 6LB, 7L, 8LF a CMP; norma AN (n=245), 20-30 let



Legenda: DCL – Directional Control; 1F/forward, 2RF/right-forward, 3R/right, 4RB/right-backward, 5B/backward, 6LB/left-backward, 7L/left, 8LF/left-backward – hodnoty jednotlivých směrů; uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu)

Na obrázku (Obrázek 14) je, kromě horní linie šedivého pole ohraničující 95% predikční interval představující normativní hodnotu vzniklé AN normy, také zřetelný rozptyl výsledků, kterého dosáhl při testování výzkumný soubor (n=245). Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu a jednotlivé modré terče zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů (ve shlucích) a jejich rozptyl. Tento obrázek vyjadřuje grafické znázornění všech vyšetřovaných směrů, které se v rámci testu LOS vyšetřují. Vzhledem k již provedeným studiím jsou tyto normované hodnoty ve vztahu k sportující populaci a konkrétnímu vlivu specifičnosti jakéhokoliv sportu velmi potřebné. Z obrázku je zřetelné, že obecně nejméně přísné hodnoty jsou nastaveny pro směr 4RB, 5B a 6LB což znamená vyšetření limitů stability ve všech kombinovaných směrech vzad. Současně je z grafického vyjádření šedivých polí zřetelné, že s průběhem testu, tak jak je metodikou NC vyžadován, nastává adaptace v rámci motorického učení a obecně se dosahuje lepších výsledků, tj. norma AN, jež je predikována absolutním členem, toto zohledňuje.

#### 4.2.4 LOS – Endpoint Excursion (EPE)

Tabulka 16: LOS – Endpoint Excursion; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let

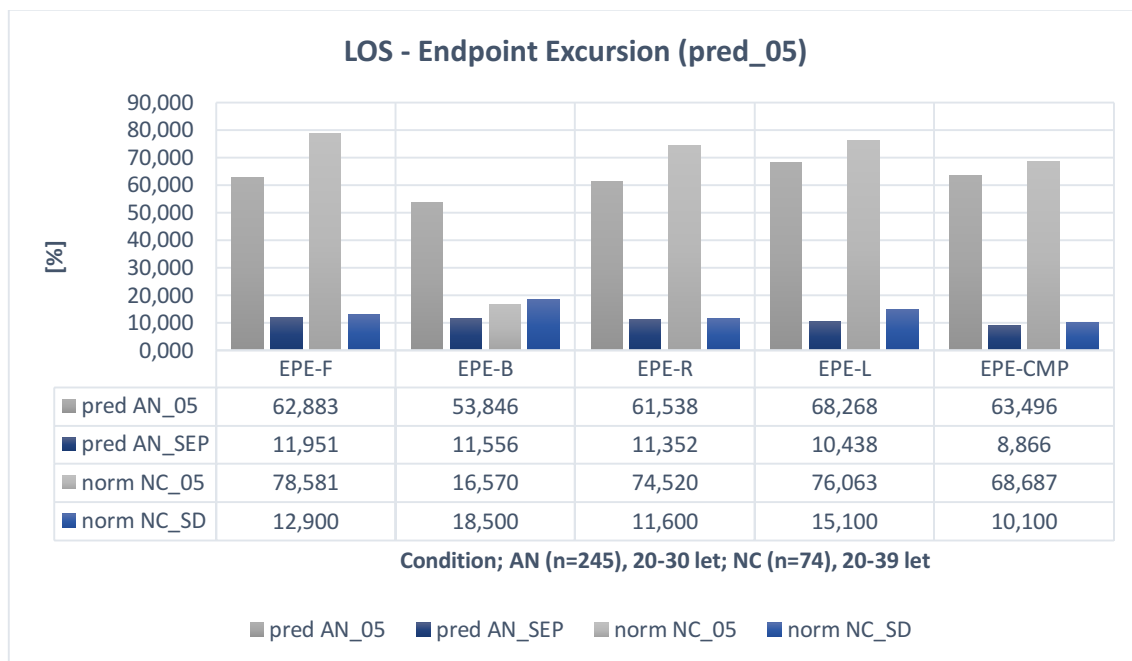
s	nobs	designation	lower_05	mean	SEP	T hodnota	P-value
LOS	3	EPE-F	62,883	82,540	11,951	-10,257	0,00000
LOS	3	EPE-B	53,846	72,854	11,556	11,371	0,00000
LOS	3	EPE-R	61,538	80,210	11,352	-8,746	0,00000
LOS	3	EPE-L	68,268	85,438	10,438	-8,234	0,00000
LOS	8	EPE-CMP	63,496	78,080	8,866	-5,539	0,00000

Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; SEP - standardní chyba predikce; T hodnota - hodnota testové statistiky Welchova t-testu; P-value - p-hodnota; modře je označena hodnota normy; zeleně je označena signifikantní hodnota rozdílu při zvolené  $\alpha < 0,05$

V tabulce (Tabulka 16) jsou uvedeny výsledné predikované hodnoty normy AN parametru Endpoint Excursion testovacího protokolu LOS. Modře je zvýrazněn sloupec **lower\_05**, který je zvolen pro predikovanou dolní hranici hodnot, kterou by měli maximálně dosáhnout potenciální sportovci, ve věku mezi 20 a 30 lety.

Zeleně jsou zvýrazněny p-hodnoty  $p=0,00000$  pro všechny testované parametry DCL, které popisují statistický významný rozdíl odlišnosti hodnot jednotlivých norem norm AN a norm NC.

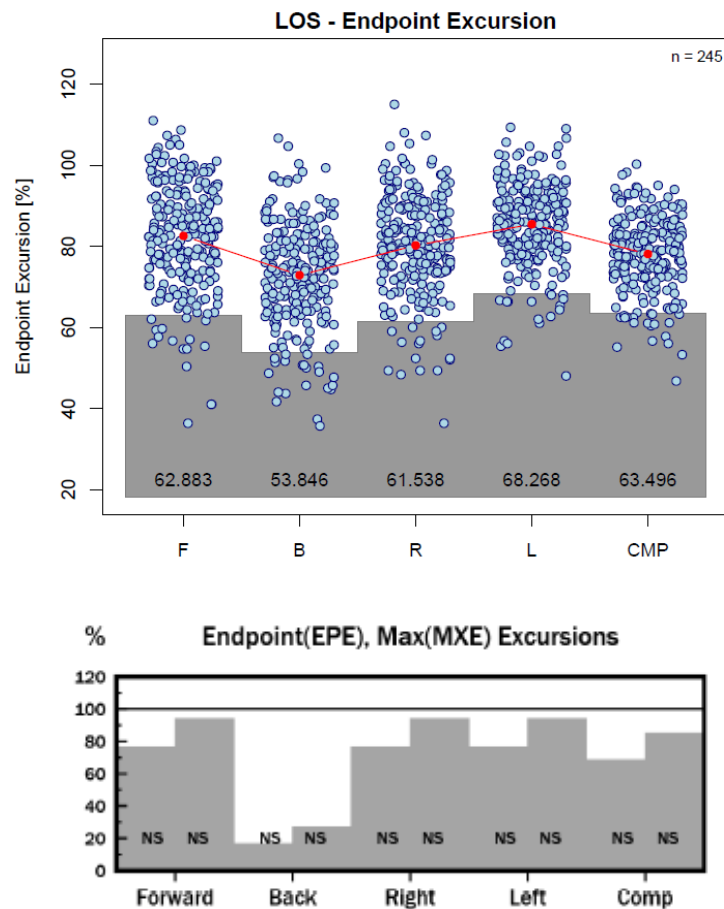
Graf 6: LOS – Endpoint Excursion; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let



Legenda: pred AN\_05 - hodnota predikované normy (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); pred AN\_SEP - standardní chyba predikce; norm NC\_05 - doplněná hodnota dolní meze 95% intervalu normy NC; norm NC\_SD - směrodatná odchylka hodnoty NC normy; EPE – Endpoint Excursion; F/forward, B/backward, R/right, L/left – hodnoty jednotlivých směrů; CMP – kompositní skór

V grafu (Graf 6) jsou porovnávány výsledné predikované hodnoty (lower\_05) norm AN a norm NC. Příslušné hodnoty jednotlivých norem jsou statisticky významně odlišné ve všech pěti hodnocených parametrech EPE.

Obrázek 15: LOS – Endpoint Excursion; grafické znázornění výsledných normativních hodnot – směr F, B, L a R; norma AN (n=245), 20-30 let



Legenda: nahoře: EPE – Endpoint Excursion Control; F/forward, B/backward, R/right, L/left – hodnoty jednotlivých směrů; uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); dole: ilustrační obrázek výsledků EPE bez reálně naměřených hodnot (zdroj: NeuroCom Analyse Software, 2020)

Na horní části obrázku (Obrázek 15) je, kromě horní linie šedivého pole ohraničující 95% predikční interval představující normativní hodnotu vzniklé AN normy, také zřetelný rozptyl výsledků, kterého dosáhl při testování výzkumný soubor (n=245). Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu a jednotlivé modré terče zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů (ve shlucích) a jejich rozptyl. V porovnání s obrázkem v dolní části, graficky znázorňující hodnoty norm NC, je zřetelné, že nově stanovená norma je pro jednotlivé směry specifitější a přesněji nastavena, než norm NC.

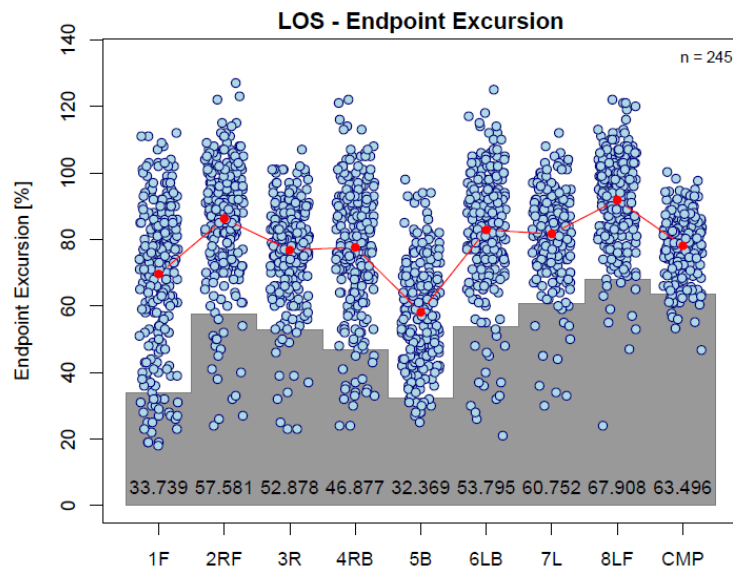
Tabulka 17: LOS – Endpoint Excursion; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let

data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
LOS	1	EPE-1F	26,870	33,739	69,596	105,453	112,322	21,800
LOS	1	EPE-2RF	52,098	57,581	86,200	114,819	120,302	17,399
LOS	1	EPE-3R	48,294	52,878	76,804	100,730	105,314	14,546
LOS	1	EPE-4RB	40,987	46,877	77,624	108,372	114,262	18,693
LOS	1	EPE-5B	27,440	32,369	58,098	83,827	88,756	15,642
LOS	1	EPE-6LB	48,230	53,795	82,841	111,887	117,451	17,659
LOS	1	EPE-7L	56,749	60,752	81,649	102,546	106,549	12,705
LOS	1	EPE-8LF	63,327	67,908	91,824	115,741	120,322	14,540

Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_025 - dolní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; upper\_95 - horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; upper\_975 - horní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; SEP - standardní chyba predikce

V tabulce (Tabulka 17) jsou uvedeny konkrétní hodnoty 95% a 97,5% predikčního intervalu, predikovaný bodový průměr hodnot (mean) a standardní odchylka predikované chyby (SEP), u parametru jednotlivých parametrů představující konkrétní směry všech osm možných orientací. Modře je zvýrazněn sloupec **lower\_05**, který je zvolen pro predikovanou dolní hranici hodnot. Norma NC tyto parametry neuvádí, resp. uvádí zkombinované výsledky jednotlivých směrů (uvedené v tabulce 17) a to tak, že uvádí průměr ze tří systematicky sjednocených směrů (parametr EPE-F je průměrem hodnot 1F, 2RF a 8LF; parametr EPE-R je průměrem hodnot EPE-RF, EPE-R a EPE-RB apod.) Možnost využití všech osmi samostatně vyhodnocených směrů se jeví jako citlivější pro hodnocení posturální stability sportovců a to zvláště v případě, že hodnoty jednotlivých norem jsou i signifikantně odlišné.

Obrázek 16: LOS – Endpoint Excursion; grafické znázornění výsledných normativních hodnot – směr 1F, 2RF, 3R, 4RB, 5B, 6LB, 7L, 8LF a CMP; norma AN (n=245), 20-30 let



Legenda: EPE – Endpoint Excursion; 1F/forward, 2RF/right-forward, 3R/right, 4RB/right-backward, 5B/backward, 6LB/left-backward, 7L/left, 8LF/left-backward – hodnoty jednotlivých směrů; uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu)

Na obrázku (Obrázek 16) je, kromě horní linie šedivého pole ohraničující 95% predikční interval představující normativní hodnotu vzniklé AN normy, také zřetelný rozptyl výsledků, kterého dosáhl při testování výzkumný soubor (n=245). Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu a jednotlivé modré terče zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů (ve slucích) a jejich rozptyl.

#### 4.2.5 LOS – Maximal Excursion (MXE)

Tabulka 18: LOS – Maximal Excursion; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let

data set	nobs	designation	lower_05	mean	SEP	T hodnota	P-value
LOS	3	MXE-F	85,163	97,590	7,556	-1,403	0,16427
LOS	3	MXE-B	76,194	90,024	8,409	19,410	0,00000
LOS	3	MXE-R	83,368	95,725	7,513	1,485	0,14103
LOS	3	MXE-L	85,612	97,276	7,091	-1,999	0,04893
LOS	8	MXE-CMP	82,999	93,774	6,551	6,798	0,00000

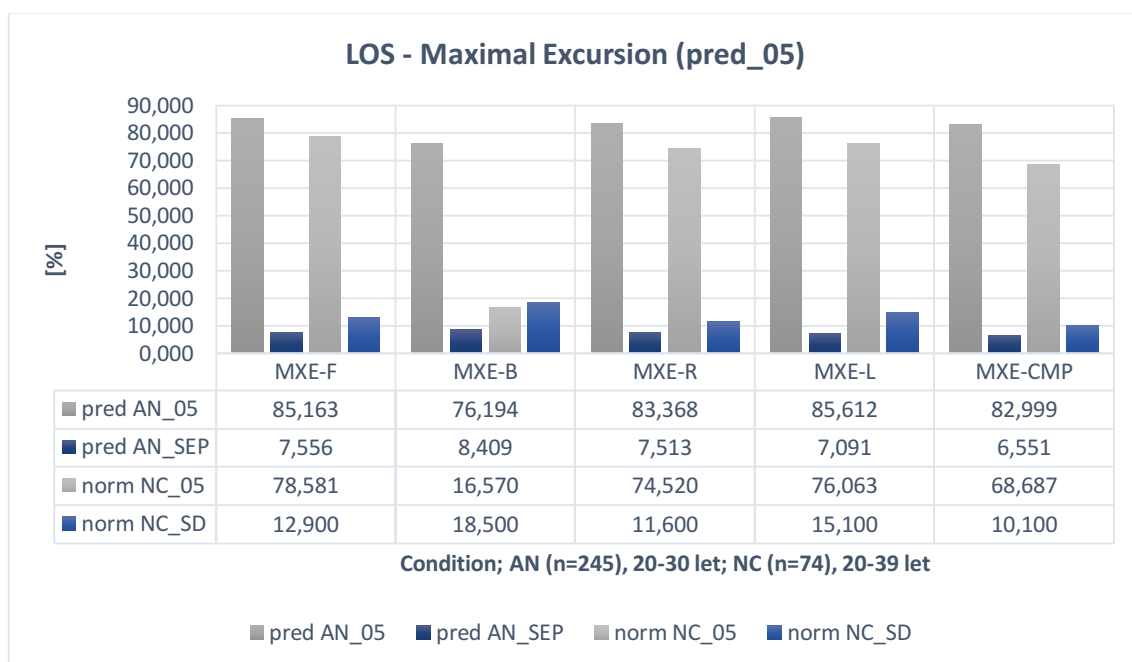
Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; SEP - standardní chyba predikce; T hodnota - hodnota testové statistiky Welchova t-testu; P-value - p-hodnota; modře je označena hodnota normy; zeleně je označena signifikantní hodnota rozdílu při zvolené  $\alpha < 0,05$

V tabulce (Tabulka 18) jsou uvedeny výsledné predikované hodnoty normy AN parametru Maximal Excursion testovacího protokolu LOS. Modře je zvýrazněn sloupec **lower\_05**, který je zvolen pro predikovanou dolní hranici hodnot, kterou by měli maximálně dosáhnout potenciální sportovci, ve věku mezi 20 a 30 lety.

Zeleně jsou zvýrazněny p-hodnoty testovacího parametru  $p=0,00000$  MXE-B a MXE-CMP, které popisují statisticky významný rozdíl odlišnosti hodnot jednotlivých norem norm AN a norm NC.



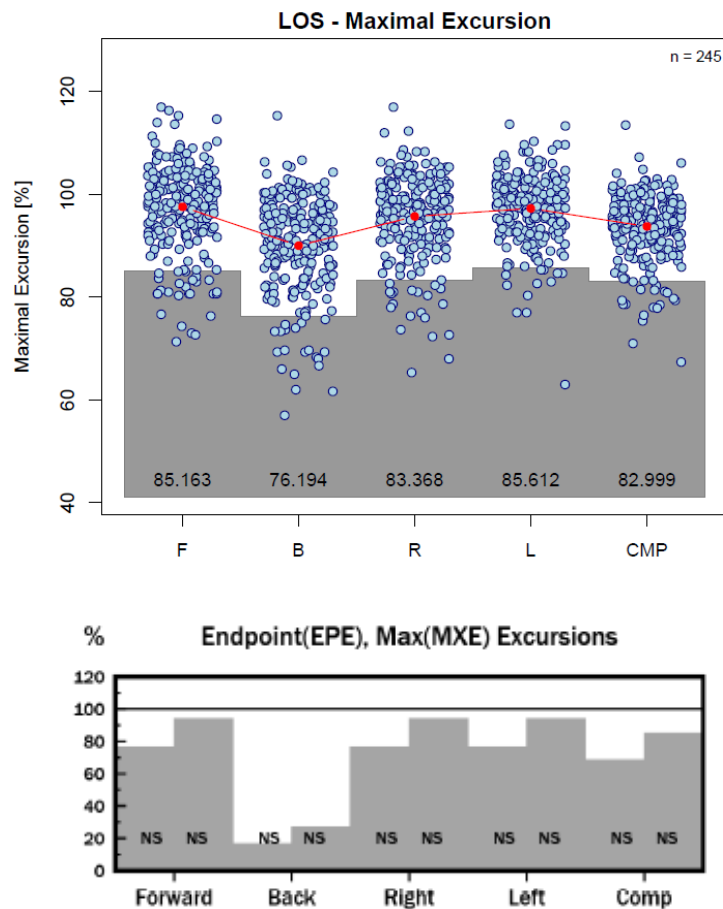
Graf 7: LOS – Maximal Excursion; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let



Legenda: pred AN\_05 - hodnota predikované normy (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); pred AN\_SEP - standardní chyba predikce; norm NC\_05 - doplněná hodnota dolní meze 95% intervalu normy NC; norm NC\_SD - směrodatná odchylka hodnoty NC normy; MXE – Maximal Excursion; F/forward, B/backward, R/right, L/left – hodnoty jednotlivých směrů; CMP – kompositní skór

V grafu (Graf 7) jsou porovnávány výsledné predikované hodnoty (lower\_05) norm AN a norm NC. Příslušné hodnoty jednotlivých norem jsou statisticky významně odlišné ve dvou z pěti hodnocených parametrů MXE.

Obrázek 17: LOS – Maximal Excursion; grafické znázornění výsledných normativních hodnot – směr F, B, L a R; norma AN (n=245), 20-30 let; norma AN (n=245), 20-30 let



Legenda: nahoře: MXE –Maximal Excursion; F/forward, B/backward, R/right, L/left – hodnoty jednotlivých směrů; uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); dole: ilustrační obrázek výsledků MXE bez reálně naměřených hodnot (zdroj: NeuroCom Analyse Software, 2020)

Na horní části obrázku (Obrázek 17) je, kromě horní linie šedivého pole ohraničující 95% predikční interval představující normativní hodnotu vzniklé AN normy, také zřetelný rozptyl výsledků, kterého dosáhl při testování výzkumný soubor (n=245). Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu a jednotlivé modré terče zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů (ve shlucích) a jejich rozptyl. V porovnání s obrázkem v dolní části, graficky znázorňující hodnoty norm NC, je zřetelné, že nově stanovená norma je pro jednotlivé směry nastavena velmi obdobně jako norm NC.

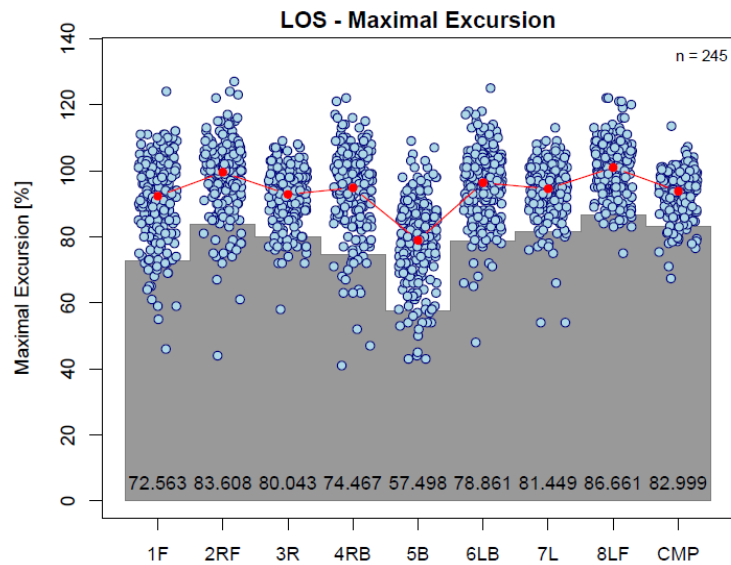
Tabulka 19: LOS – Maximal Excursion; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let

data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
LOS	1	MXE-1F	68,786	72,563	92,278	111,992	115,769	11,986
LOS	1	MXE-2RF	80,558	83,608	99,531	115,453	118,503	9,680
LOS	1	MXE-3R	77,593	80,043	92,833	105,622	108,072	7,776
LOS	1	MXE-4RB	70,569	74,467	94,812	115,158	119,056	12,369
LOS	1	MXE-5B	53,396	57,498	78,910	100,322	104,424	13,018
LOS	1	MXE-6LB	75,510	78,861	96,351	113,841	117,192	10,633
LOS	1	MXE-7L	78,946	81,449	94,514	107,580	110,083	7,943
LOS	1	MXE-8LF	83,921	86,661	100,963	115,266	118,006	8,695

Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_025 - dolní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; upper\_95 - horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; lower\_975 - horní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; SEP - standardní chyba predikce

V tabulce (Tabulka 19) jsou uvedeny konkrétní hodnoty 95% a 97,5% predikčního intervalu, predikovaný bodový průměr hodnot (mean) a standardní odchylka predikované chyby (SEP), u parametru jednotlivých parametrů představující konkrétní směry všech 8 možných orientací. Modře je zvýrazněn sloupec **lower\_05**, který je zvolen pro predikovanou dolní hranici hodnot. Norma NC tyto parametry neuvádí, resp. uvádí zkombinované výsledky jednotlivých směrů (uvedené v tabulce 19) a to tak, že uvádí průměr ze tří systematicky sjednocených směrů (parametr MXE-F je průměrem hodnot 1F, 2RF a 8LF; parametr MXE-R je průměrem hodnot MXE-RF, MXE-R a MXE-RB apod.) Možnost využití všech 8mi samostatně vyhodnocených směrů se jeví jako citlivější pro hodnocení posturální stability sportovců a to i přes skutečnost, že samotné normy se systematicky ve svých hodnotách příliš neliší.

Obrázek 18: LOS – Maximal Excursion; grafické znázornění výsledných normativních hodnot – směr 1F, 2RF, 3R, 4RB, 5B, 6LB, 7L, 8LF a CMP; norma AN (n=245), 20-30 let



Legenda: MXE – Maximal Excursion; 1F/forward, 2RF/right-forward, 3R/right, 4RB/right-backward, 5B/backward, 6LB/left-backward, 7L/left, 8LF/left-backward – hodnoty jednotlivých směrů; uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu)

Na obrázku (Obrázek 18) je, kromě horní linie šedivého pole ohraničující 95% predikční interval představující normativní hodnotu vzniklé AN normy, také zřetelný rozptyl výsledků, kterého dosáhl při testování výzkumný soubor (n=245). Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu a jednotlivé modré terče zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů (ve slucích) a jejich rozptyl.

### 4.3 VÝSLEDKY MCT – MOTOR CONTROL TEST

Výsledné normativní hodnoty všech parametrů MCT byly stanoveny pomocí heteroskedastického smíšeného lineárního modelu a ve výsledných tabulkách jsou uvedeny konkrétní hodnoty normy AN a výsledky testové statistiky porovnávají obě normy. Ve sloupcových grafech jsou porovnány hodnoty norm AN (n=245) a norm NC (n=29) s uvedením konkrétních hodnot v dolní části grafu. Na obrázcích je zobrazeno grafické porovnání, kdy jsou pomocí modrých terčů vyjádřeny naměřené hodnoty výzkumné skupiny (n=245) a šedivými poli je ohraničen predikční interval. Hranici šedivého pole tvoří hodnota predikované normy, která je v obrázku také číselně vyjádřena.

Parametry Amplitude Scaling, Weight Symmetry a Strenght Symmetry nemají výrobcem NC stanoveny normativní hodnoty. Tato skutečnost zřejmě vychází z předpokladu, že se obecně předpokládá symetrie každého jedince. Analýzou všech dat (n=245) však vyšlo najevo, že v této skupině je jakási symetrie narušena a většina z parametrů se zobrazuje mírně vychýlena vlevo místo v dokonalém středu. Ve výsledcích jsou uvedeny konkrétní hodnoty 95% predikčního intervalu u parametrů, které jsou omezeny z jedné strany a 97,5% predikčního intervalu u parametrů, kde je třeba vymezit oboustranně hodnoty v rámci stranové (levo-pravé nebo předo-zadní) symetrie. Všechny výsledky jsou doplněny o hodnotu predikovaného bodového průměru (mean) a standardní odchylku predikované chyby (SEP).

#### 4.3.1 MCT – Latency (LLT a RLT)

Tabulka 20: MCT – Latency Left and Right; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let

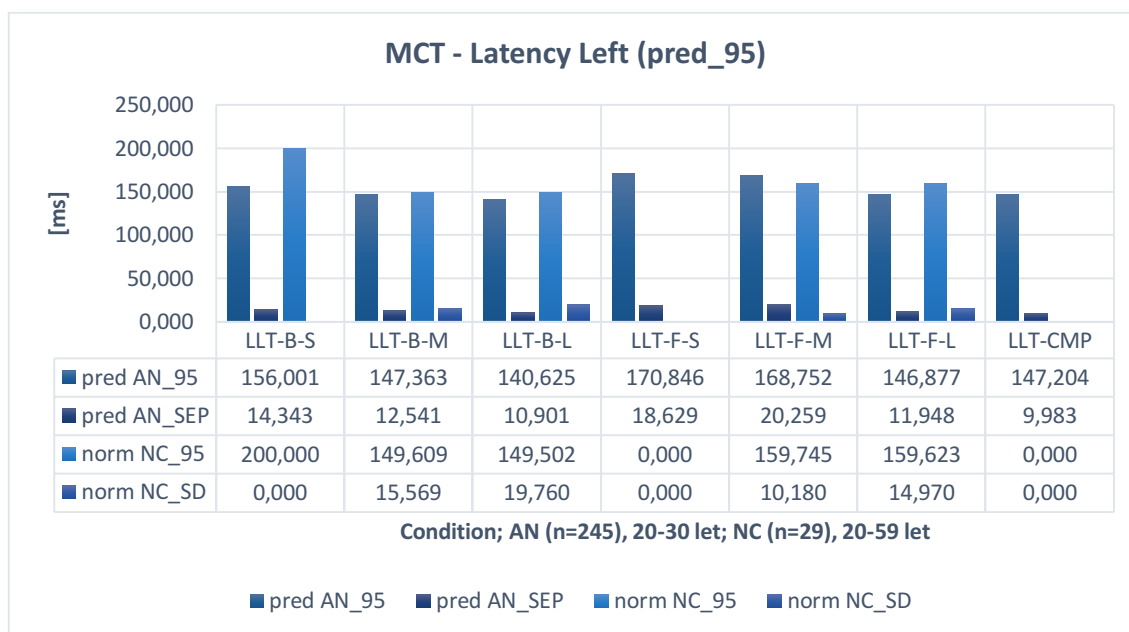
data set	nobs	designation	upper_95	mean	SEP	T hodnota	P-value
MCT	1	LLT-B-S	156,001	132,408	14,343	144,495	-
MCT	1	LLT-B-M	147,363	126,735	12,541	0,912	0,36882
MCT	1	LLT-B-L	140,625	122,694	10,901	1,525	0,13785
MCT	1	LLT-F-S	170,846	140,204	18,629	117,804	-
MCT	1	LLT-F-M	168,752	135,429	20,259	-3,305	0,00163
MCT	1	LLT-F-L	146,877	127,224	11,948	-2,697	0,01106
MCT	6	LLT-CMP	147,204	130,782	9,983	-	-
MCT	1	RLT-B-S	157,670	133,551	14,663	142,561	-
MCT	1	RLT-B-M	146,324	125,102	12,902	0,367	0,71635
MCT	1	RLT-B-L	140,611	121,796	11,439	1,282	0,20971
MCT	1	RLT-F-S	171,636	141,102	18,563	118,978	-
MCT	1	RLT-F-M	164,965	135,220	18,084	-3,511	0,00094
MCT	1	RLT-F-L	147,346	126,898	12,432	-2,362	0,02464
MCT	6	RLT-CMP	146,589	130,612	9,714	-	-
MCT	12	LT-CMP	145,816	130,697	9,192	-44,791	0,00000

Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; SEP - standardní chyba predikce; T hodnota - hodnota testové statistiky Welchova t-testu; P-value - p-hodnota; modře je označena hodnota normy; zeleně je označena signifikantní hodnota rozdílu při zvolené  $\alpha < 0,05$

V tabulce (Tabulka 20) jsou uvedeny výsledné predikované hodnoty normy AN parametru Latency pro pravou a levou stranu testovacího protokolu MCT. Modře je zvýrazněn sloupec **upper\_95**, který je zvolen pro predikovanou spodní hranici hodnot, kterých by minimálně měli dosáhnout potenciaální probandi, ve věku mezi 20 a 30 lety.

U všech parametrů s S (malým) posunem není uvedena T hodnota ani P-value, neboť data k této hodnotě výrobce neuvádí a nemohlo tedy dojít k porovnání. Zeleně je zvýrazněna p-hodnota u vyšetřovacího parametru M-F (střední velikost posunu plošiny vpřed) u obou stran a to konkrétně  $p=0,00163$  LLT-F-M a  $p=0,00094$  RLT-F-M, které udávají statisticky signifikantní rozdíl mezi těmito parametry obou norem.

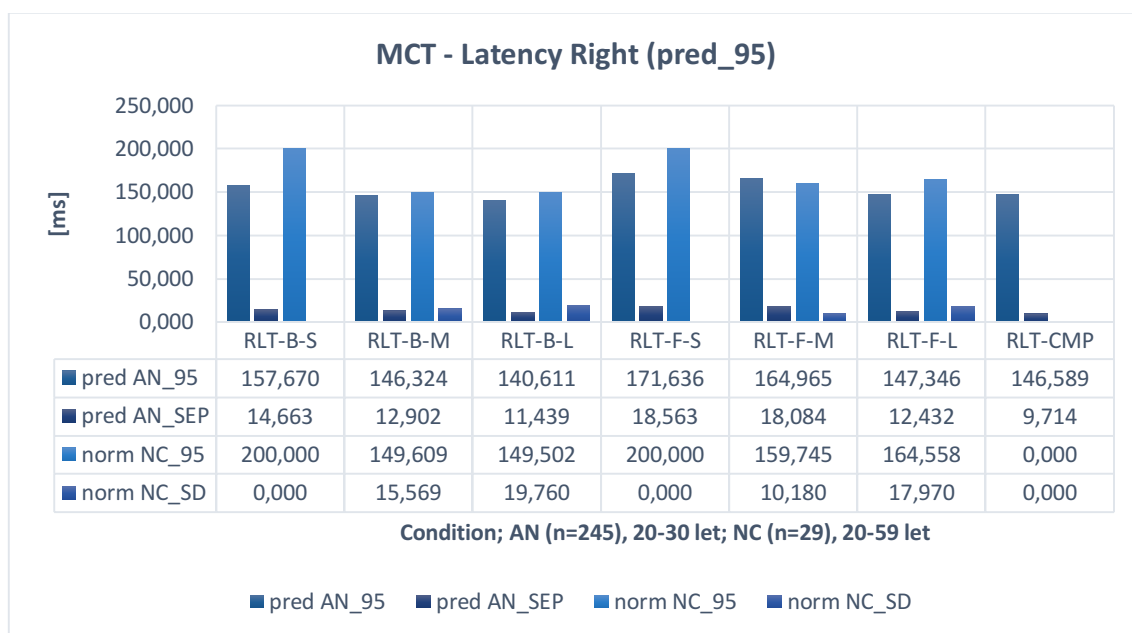
Graf 8: MCT – Latency Left; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let a norma NC (n=29), 20-59 let



Legenda: pred AN\_95 - hodnota predikované normy (horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); pred AN\_SEP - standardní chyba predikce; norm NC\_95 - doplněná hodnota horní meze 95% intervalu normy NC; norm NC\_SD - směrodatná odchylka hodnoty NC normy; LLT – Latency levé strany; B/F – translační posun plošiny vzad/vpřed (backward/forward); S-M-L – velikost translačního posunu plošiny (small – medium - large); CMP – kompositní skór

Graf 8 porovnává výsledné predikované hodnoty (upper\_95) norm AN a norm NC výsledků levé strany. U toho testového protokolu není příliš rozdílné věkové rozhraní testovaných skupin, ale je výrazný rozdílný počet jedinců v testovaných souborech. Přes výrazný rozdíl počtu jedinců v testovaných souborech se statisticky liší na testované hladině významnosti pouze jeden parametr LLT-F-M.

Graf 9: MCT – Latency Righ; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let a norma NC (n=29), 20-59 let

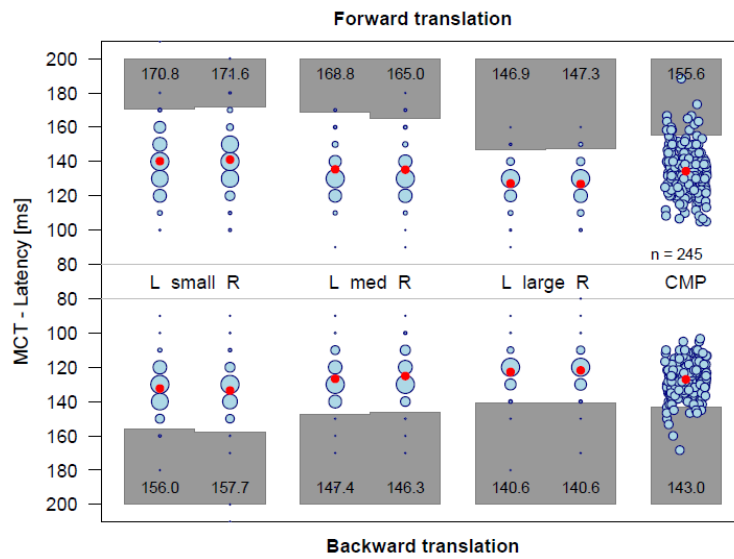


Legenda: pred AN\_95 - hodnota predikované normy (horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); pred AN\_SEP - standardní chyba predikce; norm NC\_05 - doplněná hodnota horní meze 95% intervalu normy NC; norm NC\_SD - směrodatná odchylka hodnoty NC normy; RLT – Latency pravé strany; B/F – translační posun plošiny vzad/vpřed (backward/forward); S-M-L – velikost translačního posunu plošiny (small – medium - large); CMP – kompositní skór

Graf 9 porovnává výsledné predikované hodnoty (lower\_05) norm AN a norm NC výsledků pravé strany. U toho testového protokolu není příliš rozdílné věkové rozhraní testovaných skupin, ale je výrazný rozdílný počet jedinců v testovaných souborech. Přes výrazný rozdíl počtu jedinců v testovaných souborech se statisticky liší na testované hladině významnosti pouze jeden parametr RLT-F-M.



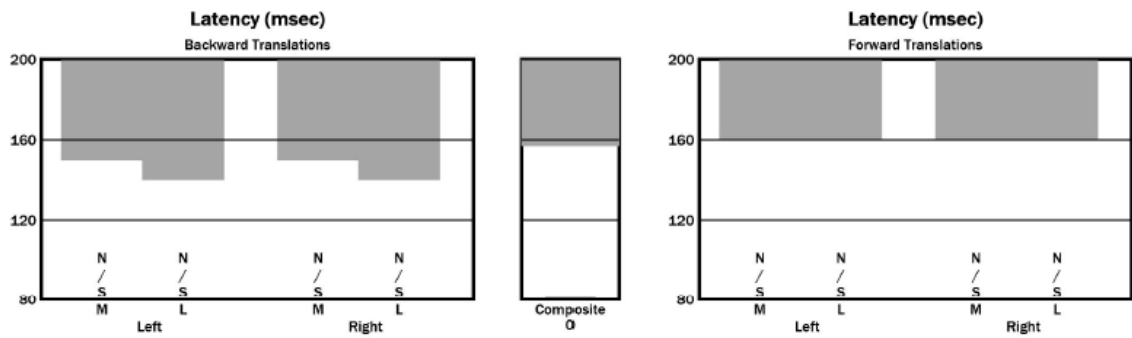
Obrázek 19: MCT - Latency; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let



Legenda: MCT – Latency; L/R – označení levé a pravé strany; small-med-large - velikost translačního posunu plošiny (small – medium - large); CMP – kompositní skór; uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (horní (vnitřní) meze jednostranného 95% predikčního intervalu)

Obrázek 19 zobrazuje oboustrannými šedivými poli vymezení rozsahu hodnot pro přední a zadní posun plošiny. Vnitřní linie šedivých polí ohraničující 95% predikční interval představuje normativní hodnoty vzniklé AN normy. Modré terče graficky zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů výzkumného souboru (n=245) a z jejich rozmístění (ve shlucích) je patrná i četnost podobných a rozptýl naměřených hodnot. Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu.

Obrázek 20: MCT - Latency; grafické znázornění hodnot; norma NC (n=29), 20-59 let



Legenda: ilustrační obrázek výsledků MCT bez reálně naměřených hodnot (zdroj: NeuroCom Analyse Software, 2020)

Obrázek 20 zobrazuje šedivými poli vymezení rozsahu hodnot pro zadní (levá část obrázku) a přední (pravá část obrázku) posun plošiny. Obrázek je zde uveden pro ilustraci nastavených hodnot norm NC pro věkovou skupinu 20-50 let.

### 4.3.2 MCT – Amplitude Scaling (AM)

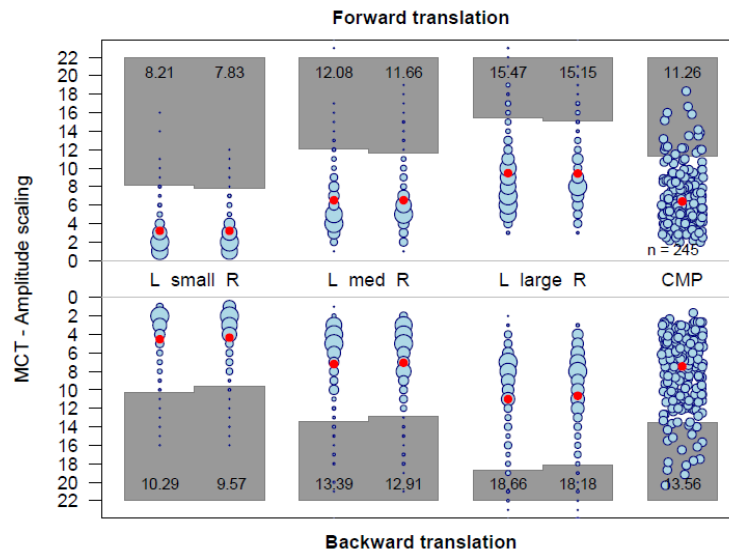
Tabulka 21: MCT – Amplitude Scaling; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let

data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
MCT	1	LAM-B-S	-2,347	-1,242	4,522	10,287	11,392	3,505
MCT	1	LAM-B-M	-0,177	1,009	7,200	13,391	14,577	3,764
MCT	1	LAM-B-L	1,877	3,344	11,000	18,656	20,123	4,655
MCT	1	LAM-F-S	-2,729	-1,773	3,216	8,206	9,162	3,034
MCT	1	LAM-F-M	-0,092	0,972	6,527	12,081	13,145	3,377
MCT	1	LAM-F-L	2,287	3,439	9,457	15,475	16,628	3,659
MCT	6	LAM-CMP	1,336	2,244	6,987	11,730	12,639	2,883
MCT	1	RAM-B-S	-1,872	-0,872	4,351	9,574	10,574	3,175
MCT	1	RAM-B-M	0,106	1,225	7,065	12,906	14,025	3,551
MCT	1	RAM-B-L	1,676	3,119	10,649	18,179	19,622	4,578
MCT	1	RAM-F-S	-2,286	-1,402	3,212	7,827	8,711	2,805
MCT	1	RAM-F-M	0,420	1,403	6,531	11,658	12,641	3,117
MCT	1	RAM-F-L	2,589	3,687	9,420	15,154	16,252	3,486
MCT	6	RAM-CMP	1,669	2,505	6,871	11,238	12,074	2,655

Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_025 - dolní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; upper\_95 - horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; upper\_975 - horní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; SEP - standardní chyba predikce

Tabulka 21 nabízí konkrétní hodnoty 95% a 97,5% predikčního intervalu, predikovaný bodový průměr hodnot (mean) a standardní odchylka predikované chyby (SEP) u všech parametrů AM pro levou a pravou stranu, pro všechny velikosti translačních pohybů oběma směry vpřed i vzad. Modře je zvýrazněn sloupec **upper\_95**, který je zvolen pro predikovanou dolní hranici hodnot.

Obrázek 21: MCT – Amplitude Scaling; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let



Legenda: MCT – Amplitude Scaling; L/R – označení levé a pravé strany; small-med-large - velikost translačního posunu plošiny (small – medium - large); CMP – kompozitní skór; uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (horní (vnitřní) meze jednostranného 95% predikčního intervalu)

Obrázek 21 zobrazuje oboustrannými šedivými poli vymezení rozsahu hodnot pro přední a zadní posun plošiny. Vnitřní linie šedivých polí ohraničující 95% predikční interval představující normativní hodnoty vzniklé AN normy. Modré terče graficky zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů výzkumného souboru (n=245) a z jejich rozmístění (ve slucích) je patrná i četnost podobných a rozptyl naměřených hodnot. Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu.

### 4.3.3 MCT – Weight Symmetry (WS)

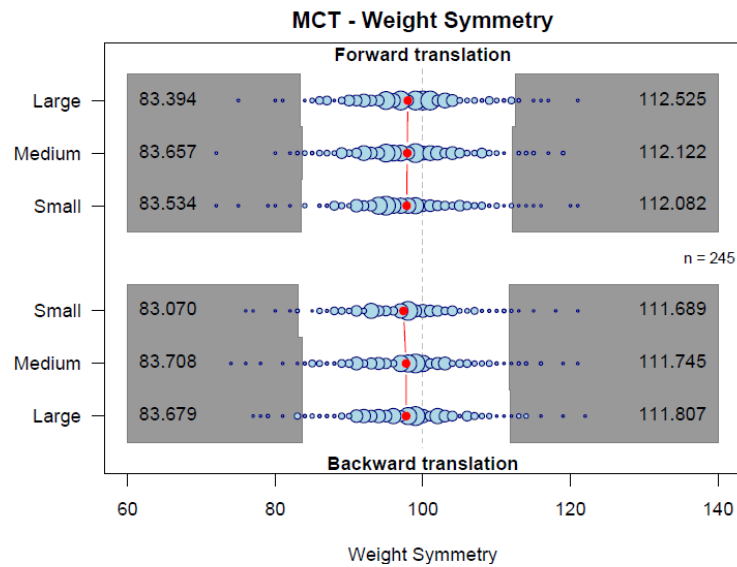
Tabulka 22: MCT – Weight Symmetry; nově stanovené predikované normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let

data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
MCT	1	WS-B-S	83,070	85,371	97,380	109,388	111,689	7,301
MCT	1	WS-B-M	83,708	85,962	97,727	109,491	111,745	7,152
MCT	1	WS-B-L	83,679	85,940	97,743	109,546	111,807	7,176
MCT	1	WS-F-S	83,534	85,829	97,808	109,787	112,082	7,283
MCT	1	WS-F-M	83,657	85,945	97,890	109,834	112,122	7,262
MCT	1	WS-F-L	83,394	85,735	97,959	110,183	112,525	7,432
MCT	6	WS-CMP	84,141	86,329	97,751	109,173	111,361	6,944

Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_025 - dolní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; upper\_95 - horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; upper\_975 - horní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; SEP - standardní chyba predikce

Tabulka 22 nabízí konkrétní hodnoty 95% a 97,5% predikčního intervalu, predikovaný bodový průměr hodnot (mean) a standardní odchylka predikované chyby (SEP) u všech parametrů WS a to pro všechny velikosti translačních pohybů plošiny oběma směry vpřed i vzad. Modře jsou zvýrazněny sloupce **lower\_025** a **upper\_975**, které vymezují rozsah predikovaných hodnot, které jsou zvoleny k vymezení normy AN.

Obrázek 22: MCT – Weight Symmetry; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let



Legenda: MCT – Weight Symmetry; large-medium-small - velikost translačního posunu plošiny (small – medium - large); uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (horní a dolní mez oboustranného 97,5% predikčního intervalu)

Obrázek 22 zobrazuje oboustrannými šedivými poli vymezení rozsahu hodnot pro přední a zadní posun plošiny. Vnitřní linie šedivých polí ohraničující shora i zdola 97,5% predikční interval představující normativní hodnoty vzniklé AN normy. Modré terče graficky zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů výzkumného souboru (n=245) a z jejich rozmístění (ve slucích) je patrná i četnost podobných a rozptýl naměřených hodnot. Červené středy a jimi vedená červená linie zobrazuje posun symetrie celého výzkumného souboru směrem doleva.

#### 4.3.4 MCT – Strenght Symmetry (SS)

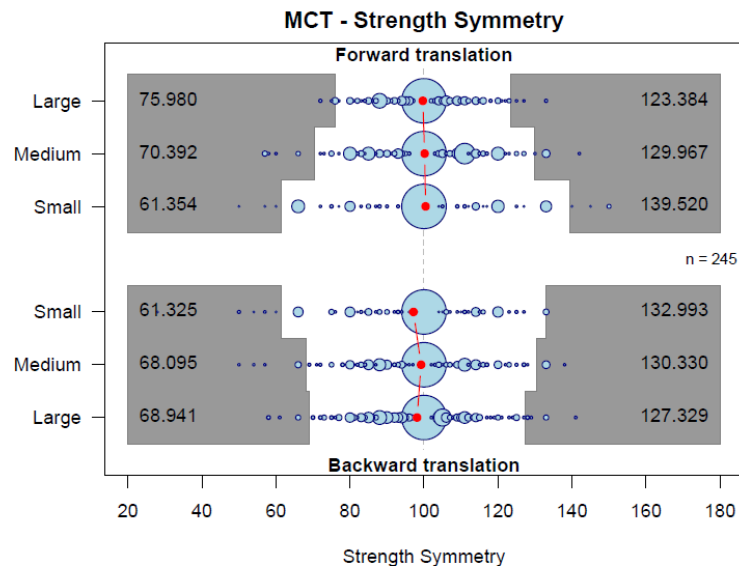
Tabulka 23: MCT – Strenght Symmetry; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let

data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
MCT	1	SS-B-S	61,325	67,086	97,159	127,232	132,993	18,283
MCT	1	SS-B-M	68,095	73,097	99,212	125,327	130,330	15,877
MCT	1	SS-B-L	68,941	73,634	98,135	122,635	127,329	14,895
MCT	1	SS-F-S	61,354	67,637	100,43	133,236	139,520	19,941
MCT	1	SS-F-M	70,392	75,181	100,18	125,178	129,967	15,198
MCT	1	SS-F-L	75,980	79,790	99,682	119,573	123,384	12,093
MCT	6	SS-CMP	78,848	82,110	99,134	116,158	119,420	10,350

Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_025 - dolní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; upper\_95 - horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; upper\_975 - horní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; SEP - standardní chyba predikce

Tabulka 23 nabízí konkrétní hodnoty 95% a 97,5% predikčního intervalu, predikovaný bodový průměr hodnot (mean) a standardní odchylku predikované chyby (SEP) u všech parametrů SS a to pro všechny velikosti translačních pohybů oběma směry vpřed i vzad. Modře jsou zvýrazněny sloupce **lower\_025** a **upper\_975**, které vymezují rozsah predikovaných hodnot, které jsou zvoleny k vymezení normy AN.

Obrázek 23: MCT - Strength Symmetry; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let



Legenda: MCT – Strength Symmetry; large-medium-small - velikost translačního posunu plošiny (small – medium - large); uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (horní a dolní mez oboustranného 97,5% predikčního intervalu)

Obrázek 23 zobrazuje oboustrannými šedivými poli vymezení rozsahu hodnot pro přední a zadní posun plošiny. Vnitřní linie šedivých polí ohraničující shora i zdola 97,5% predikční interval představující normativní hodnoty vzniklé AN normy. Modré terče graficky zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů výzkumného souboru (n=245) a z jejich rozmístění (ve shlucích) je patrná i četnost podobných a rozptýl naměřených hodnot. Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu. Červené středy a jimi vedená červená linie zobrazuje posun symetrie celého výzkumného souboru směrem k jedné straně. Všechny hodnoty, které jsou vyšší než 100 znamenají vyšší silovou odpověď na pravé dolní končetině.



#### 4.4 VÝSLEDKY ADT – ADAPTATION TEST

Výsledné normativní hodnoty všech parametrů ADT byly stanoveny pomocí heteroskedastického smíšeného lineárního modelu a ve výsledných tabulkách jsou uvedeny konkrétní hodnoty normy AN a výsledky testové statistiky porovnávají obě normy. Ve sloupcových grafech jsou porovnány hodnoty norm AN (n=193) a norm NC (n=64) s uvedením konkrétních hodnot v dolní části grafu. Na obrázcích je zobrazeno grafické porovnání, kdy jsou pomocí modrých terčů vyjádřeny naměřené hodnoty výzkumné skupiny (n=193) a šedivými poli je ohraničen predikční interval. Hranici šedivého pole tvoří hodnota predikované normy, která je v obrázku také číselně vyjádřena.

Tabulka 24: ADT – Toes Up a Down; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let

data set	nobs	designation	upper_95	mean	SEP	T hodnota	P-value
ADT	1	TUP-1	104,427	75,347	17,679	-1,600	0,11415
ADT	1	TUP-2	88,942	64,938	14,593	-0,484	0,62941
ADT	1	TUP-3	80,220	59,062	12,863	-1,144	0,25599
ADT	1	TUP-4	79,558	57,332	13,512	1,548	0,12443
ADT	1	TUP-5	72,421	53,611	11,435	0,280	0,78009
ADT	1	TDN-1	69,184	51,347	10,844	-5,670	0,00000
ADT	1	TDN-2	58,292	43,321	9,102	-1,259	0,21139
ADT	1	TDN-3	56,234	41,549	8,928	1,239	0,21843
ADT	1	TDN-4	56,525	41,228	9,300	2,912	0,00443
ADT	1	TDN-5	54,764	39,979	8,989	3,313	0,00124
ADT	5	TUP-CMP	76,806	62,058	8,966	-	-
ADT	5	TDN-CMP	56,024	43,485	7,623	-	-
ADT	10	ADT-CMP	65,487	52,772	7,731	-	-

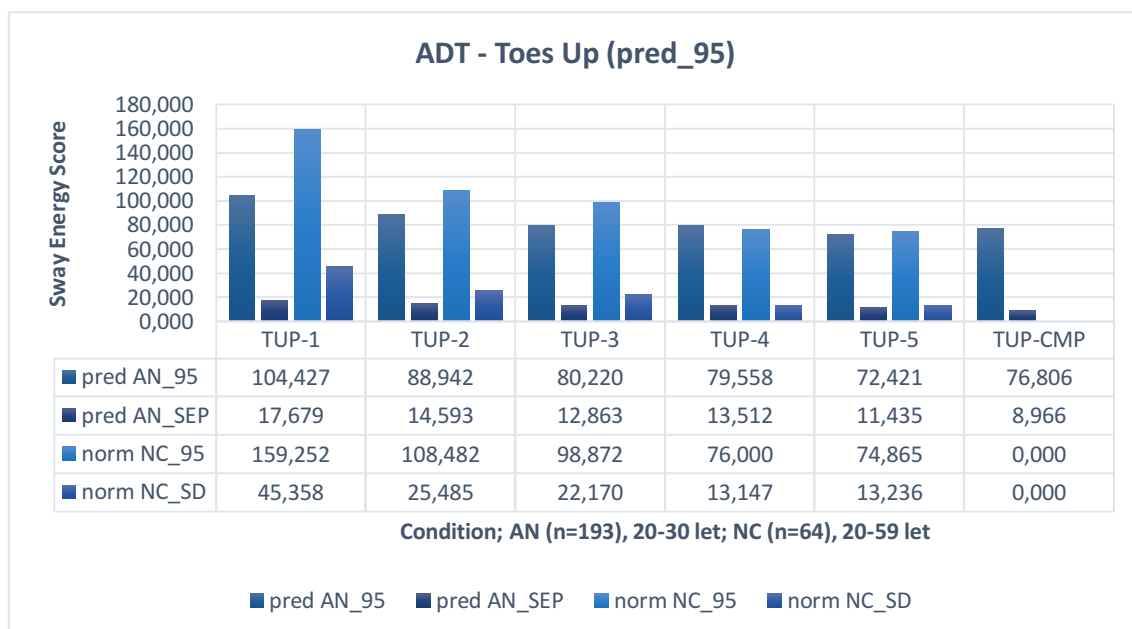
Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; upper\_95 - horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; SEP - standardní chyba predikce; T hodnota - hodnota testové statistiky Welchova t-testu; P-value - p-hodnota; modře je označena hodnota normy; zeleně je označena signifikantní hodnota rozdílu při zvolené  $\alpha < 0,05$

V tabulce (Tabulka 24) jsou uvedeny výsledné predikované hodnoty normy AN parametru Toes Up a Toes Down. Modře je zvýrazněn sloupec **upper\_95**, který je zvolen pro predikovanou horní hranici hodnot.

Zeleně je zvýrazněna p-hodnota u vyšetřovacího parametru  $p=0,0000$  TDN1,  $p=0,00443$  TDN4 a  $0,001245$  TDN5, které udávají statisticky signifikantní rozdíl mezi těmito parametry obou norem.

#### 4.4.1 ADT – Toes UP (TUP) a Toes Down (TDN)

Graf 10: ADT – Toes Up; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let a norma NC (n=64), 20-59 let

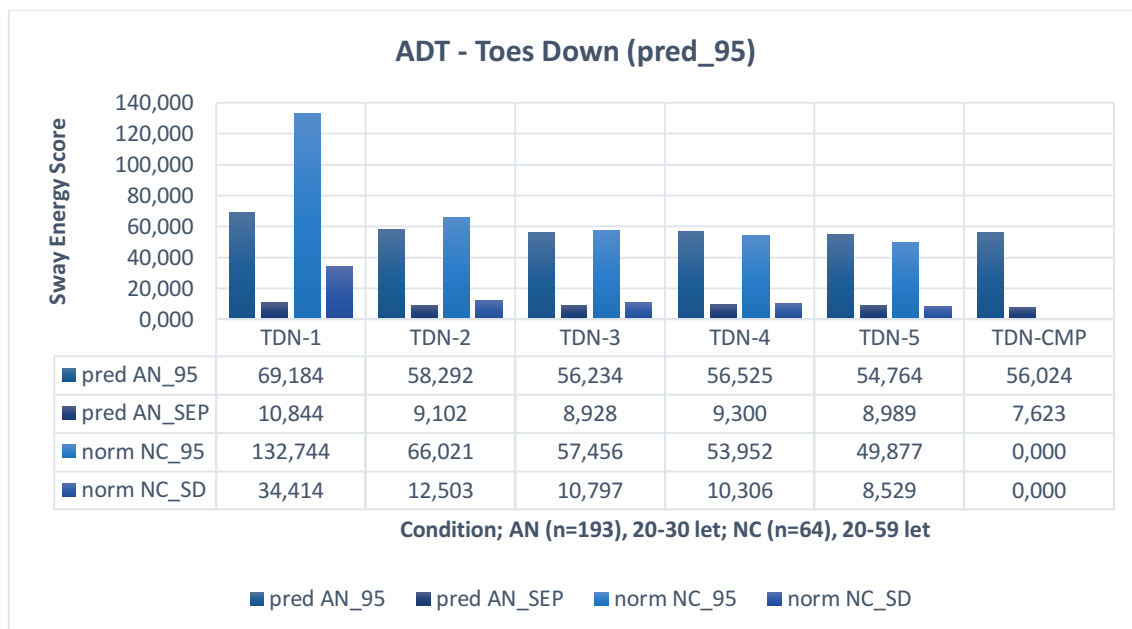


*Legenda: pred AN\_95 - hodnota predikované normy (horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); pred AN\_SEP - standardní chyba predikce; norm NC\_95 - doplněná hodnota horní meze 95% intervalu normy NC; norm NC\_SD - směrodatná odchylka hodnoty NC normy; TUP – Toes Up; TUP 1-5 – první až pátý rotační posun plošiny směrem nahoru; CMP – kompozitní skór*

Graf 10 porovnává výsledné predikované hodnoty (upper\_95) norm AN a norm NC rotačního posunu plošiny nahoru. U toho testového protokolu není příliš rozdílné věkové rozhraní testovaných skupin, ale je výrazný rozdílný počet jedinců v testovaných

souborech. Přes výrazný rozdíl počtu jedinců v testovaných souborech se statisticky neliší žádný z parametrů.

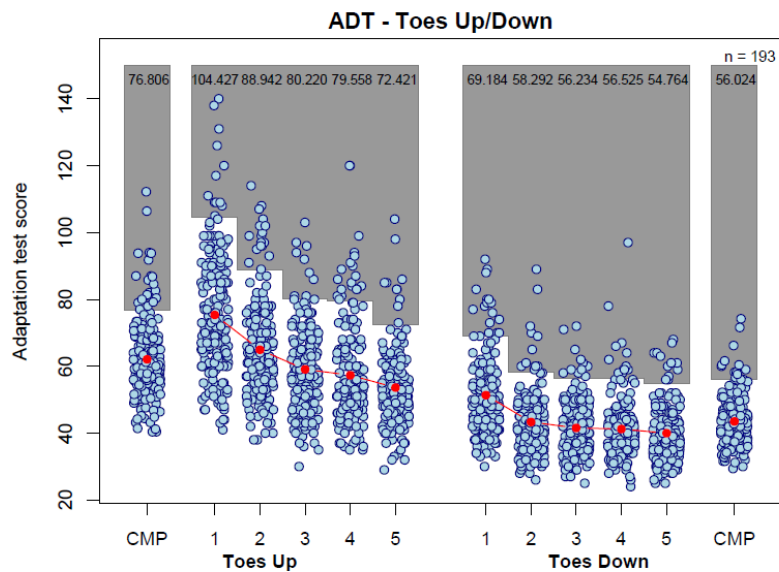
Graf 11: ADT – Toes Down; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let a norma NC (n=64), 20-59 let



*Legenda: pred AN\_95 - hodnota predikované normy (horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); pred AN\_SEP - standardní chyba predikce; norm NC\_95 - doplněná hodnota horní meze 95% intervalu normy NC; norm NC\_SD - směrodatná odchylka hodnoty NC normy; TDN – Toes Down; TDN 1-5 – první až pátý rotační posun plošiny směrem dolů; CMP – kompositní skór*

Graf 11 porovnává výsledné predikované hodnoty (upper\_95) norm AN a norm NC rotačního posunu plošiny dolů. U toho testového protokolu není příliš rozdílné věkové rozhraní testovaných skupin, ale je výrazný rozdílný počet jedinců v testovaných souborech. V tomto parametru lze dohledat tři hodnoty z pěti, které se statisticky liší.

Obrázek 24: ADT – Toes Up a Toes Down; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let

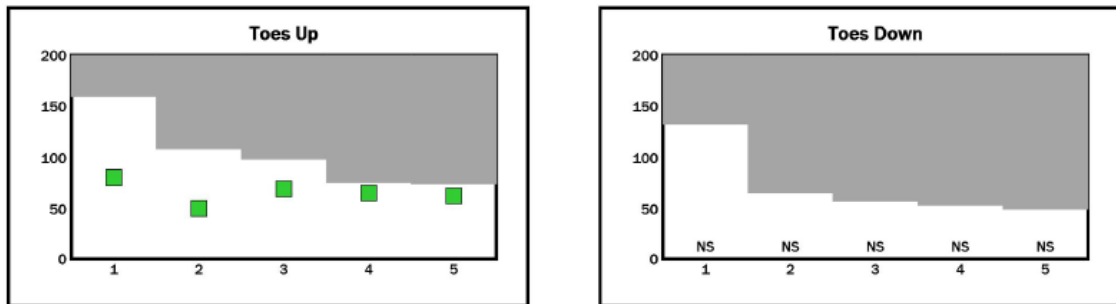


Legenda: ADT – Toes Up a Toes Down; 1-5 – první až pátý rotační posun plošiny směrem nahoru (Toes Up)/dolu (Toes Down); uvedené hodnoty reprezentují predikovanou normu (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu)

Obrázek 24 zobrazuje se shora orientovanými šedivými poli a jejich spodními liniemi 95% predikční interval představující normativní hodnoty vzniklé AN normy. Modré terče graficky zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů výzkumného souboru (n=193) a z jejich rozmístění (ve shlucích). Současně je i patrná četnost podobných a rozptýl naměřených hodnot. Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu. Z výsledků ADT je naprosto zřetelný trend motorické adaptace na posuny plošiny. Obecně tento testový protokol testuje míru schopnosti adaptace, ale v rozložení predikovaných hodnot jednotlivých opakování je třeba respektovat i kategoriální pořadí jednotlivých testů, což nově vzniklé normy založené na lineárním smíšeném modelu s absolutním členem (interceptem) zohledňují.

Obrázek 25: ADT – Toes Up a Toes Down; grafické znázornění hodnot; norma NC (n=64), 20-59 let

### Adaptation Test



Legenda: ilustrační obrázek výsledků ADT bez reálně naměřených hodnot (zdroj: NeuroCom Analyse Software, 2020)

Obrázek 25 zobrazuje šedivými poli vymezení rozsahu hodnot pro pohyby plošiny nahoru (levá část obrázku) a pohyby plošiny dolů (pravá část obrázku). Obrázek je zde uveden pro ilustraci nastavených hodnot norm NC pro věkovou skupinu 20-50 let.

## 4.5 VÝSLEKDY RWS – RHYTHMIC WEIGHT SHIFT

Výsledné normativní hodnoty všech parametrů RWS byly stanoveny pomocí heteroskedastického smíšeného lineárního modelu a ve výsledných tabulkách jsou uvedeny konkrétní hodnoty normy AN a výsledky testové statistiky porovnávají obě normy. Ve sloupcových grafech jsou porovnány hodnoty norm AN (n=193) a norm NC (n=74) s uvedením konkrétních hodnot v dolní části grafu. Na obrázcích je zobrazeno grafické porovnání, kdy jsou pomocí modrých terčů vyjádřeny naměřené hodnoty výzkumné skupiny (n=193) a šedivými poli je ohraničen predikční interval. Hranici šedivých polí tvoří hodnota predikované normy, která je v obrázcích také číselně vyjádřena.

### 4.5.1 RWS – On-Axis Velocity (V)

Tabulka 25: RWS – On-Axis Velocity; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let

data set	nobs	designation	lower_05	mean	SEP	T hodnota	P-value
RWS	1	LR-V-S	2,512	3,106	0,361	3,871	0,00018
RWS	1	LR-V-M	3,876	4,694	0,498	2,846	0,00515
RWS	1	LR-V-F	7,326	9,490	1,316	2,603	0,01036
RWS	1	FB-V-S	1,684	2,189	0,307	7,001	0,00000
RWS	1	FB-V-M	2,627	3,234	0,369	3,665	0,00039
RWS	1	FB-V-F	4,281	5,882	0,973	1,444	0,15083
RWS	3	LR-V-CMP	4,904	5,764	0,523	-	-
RWS	3	FB-V-CMP	3,091	3,768	0,412	-	-
RWS	6	V-CMP	4,151	4,766	0,374	-	-

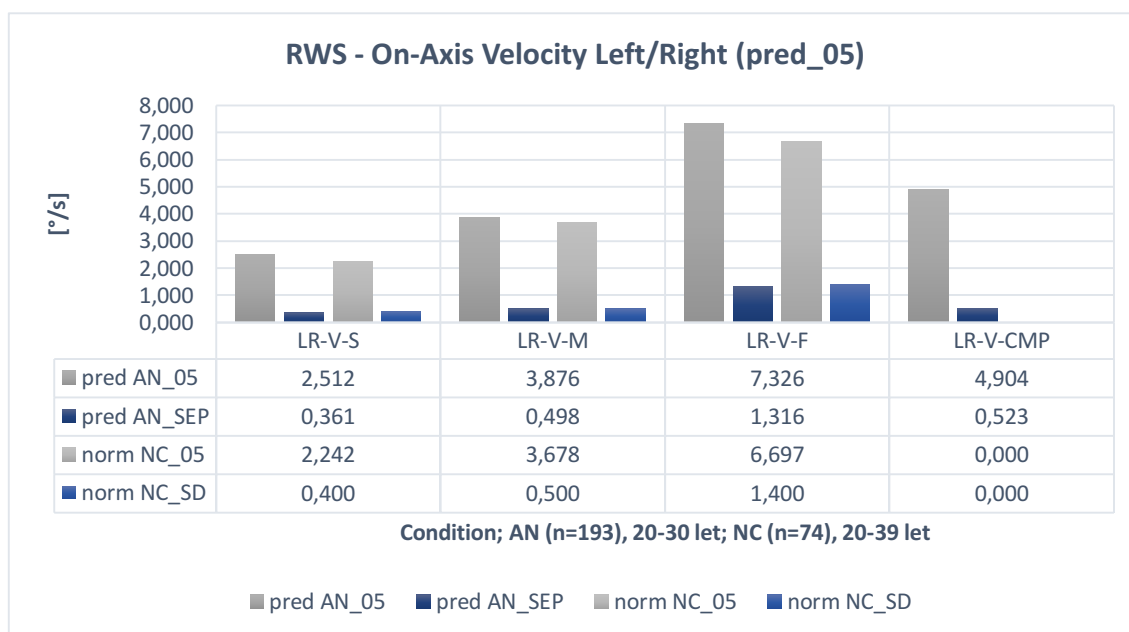
Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; SEP - standardní chyba predikce; T hodnota - hodnota testové statistiky Welchova t-testu; P-value - p-hodnota; modře je označena hodnota normy; zeleně je označena signifikantní hodnota rozdílu při zvolené  $\alpha < 0,05$

Tabulka 25 zobrazuje predikované hodnoty normy AN parametru On-Axis Velocity testovacího protokolu RWS. Modře je zvýrazněn sloupec **lower\_05**, který je zvolen pro predikovanou dolní hranici hodnot.

Zeleně jsou zvýrazněny p-hodnoty  $p=0,00018$  LR-V-S,  $p=0,00515$  LR-V-M,  $p=0,01036$  LR-V-F,  $p=00000$  FB-V-S a  $0,00039$  FB-V-M, které vyjadřují statisticky významný rozdíl odlišností hodnot jednotlivých norem norm AN a norm NC. Tyto signifikantní hodnoty jsou přiřazeny všem testům v levo-pravém směru a jednomu testu předozadního směru. Test OAV je jedním z mála testů, jehož výsledky jsou takto statisticky významné.

#### 4.5.2 RWS - On-Axis Velocity Left/Right (LR-V)

Graf 12: RWS – On-Axis Velocity Left/Right; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let

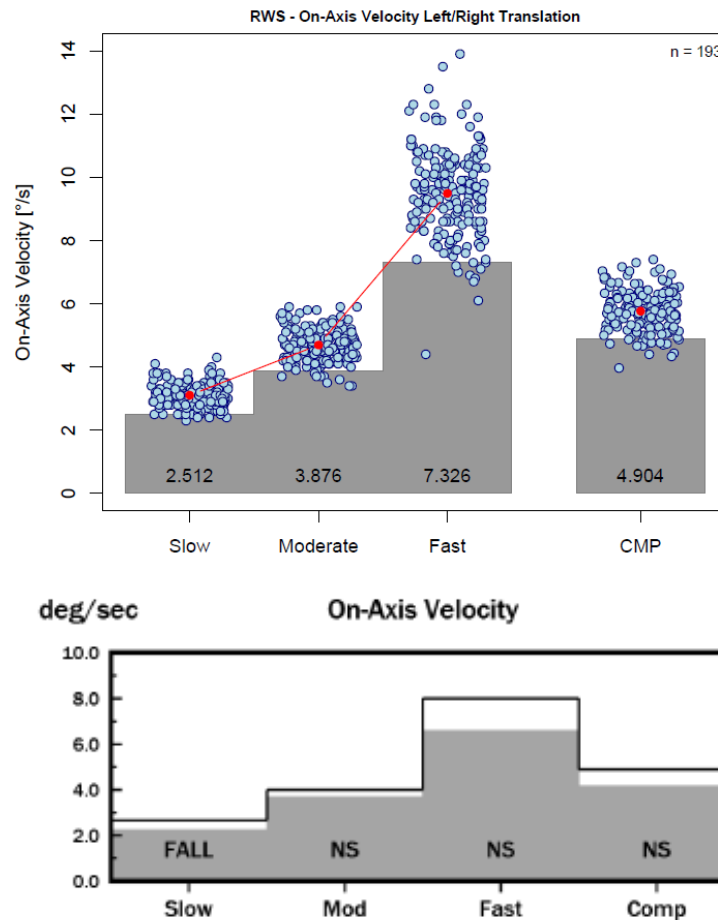


Legenda: pred AN\_05 - hodnota predikované normy (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); pred AN\_SEP - standardní chyba predikce; norm NC\_05 - doplněná hodnota dolní meze 95% intervalu normy NC; norm NC\_SD - směrodatná odchylka hodnoty NC normy; V – Velocity - rychlost; LR – levo-pravý směr (left - right); S-M-F – rychlost posunu kurzoru (slow – medium - fast); CMP – kompositní skór

Graf 12 porovnává výsledné predikované hodnoty (lower\_05) norm AN a norm NC levo-pravých pohybů terče, který má testovaný jedinec ve třech rychlostech

následovat v grafickém poli svým COG. V tomto parametru lze dohledat u všech tří hodnot statistické rozdíly mezi oběma testovanými normami.

Obrázek 26: RWS - On-Axis Velocity Left/Right; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let



Legenda: nahoře: RWS – OnAxis Velocity; Slow-Moderate-Fast – rychlost posunu kurzoru; CMP – kompozitní skór; uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); dole: ilustrační obrázek výsledků RWS bez reálně naměřených hodnot (zdroj: NeuroCom Analyse Software, 2020)

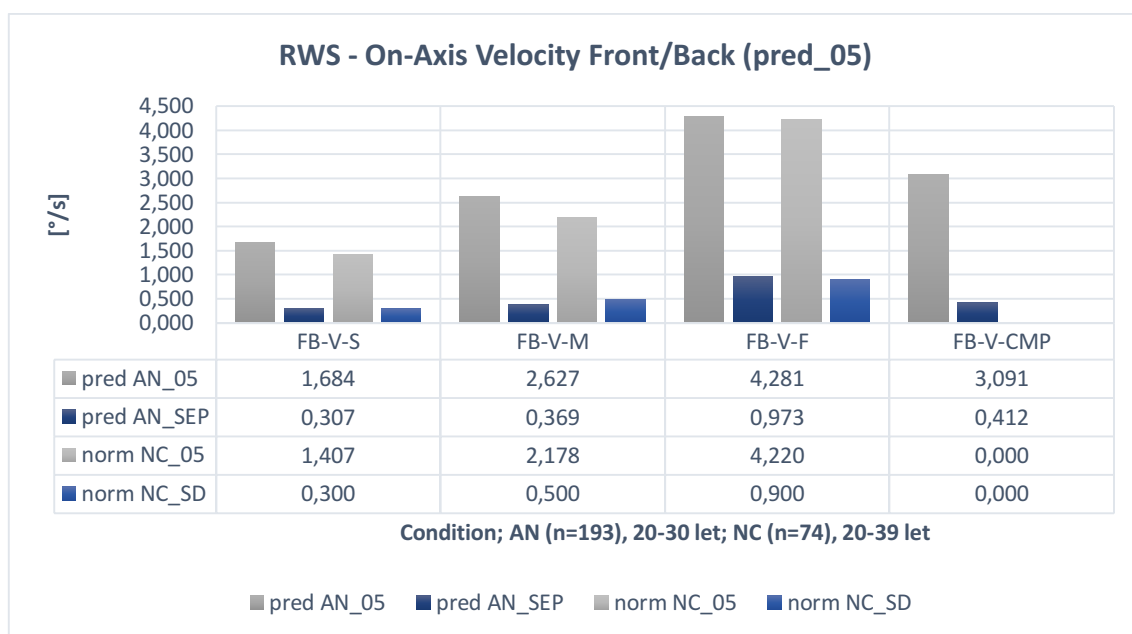
Obrázek 26 zobrazuje v horní části, kromě horní linie šedivého pole ohraničující 95% predikční interval představující normativní hodnotu vzniklé AN normy, také zřetelný rozptyl výsledků, kterého dosáhl při testování výzkumný soubor (n=193). Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu a jednotlivé modré terče zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů (ve shlucích) a jejich rozptyl. V porovnání s obrázkem v dolní části, graficky znázorňující hodnoty norm NC, je zřetelné, že nově stanovená



norma má pro nejrychlejší pohyb kurzoru (Fast) od předcházející nejvýraznější odstup, než je to tak u norm NC.

#### 4.5.3 RWS - On-Axis Velocity Front/Back (FB-V)

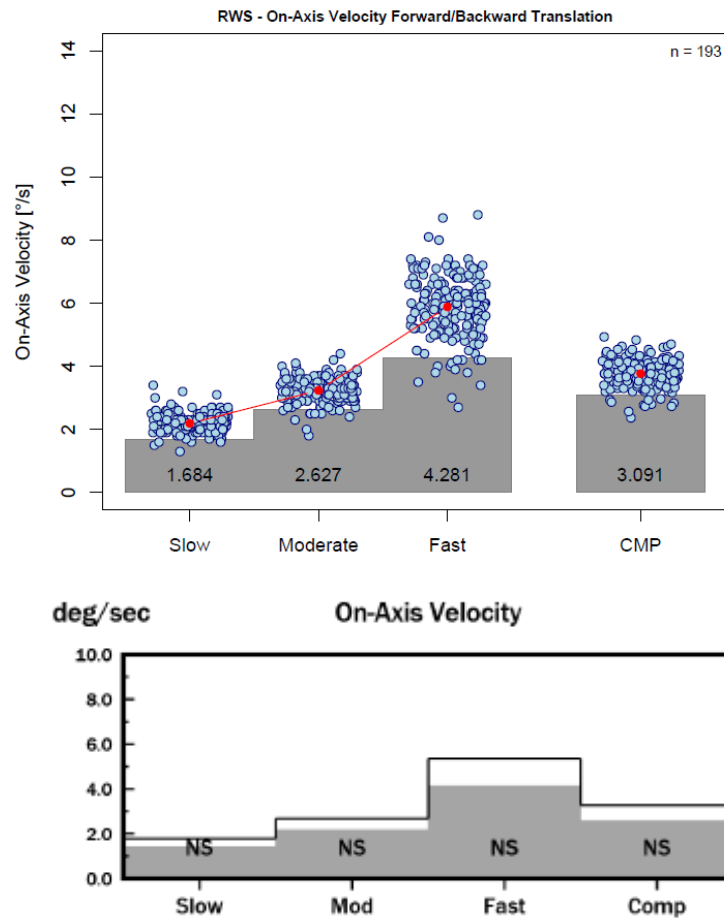
Graf 13: RWS – On-Axis Velocity Front/Back; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let



Legenda: pred AN\_05 - hodnota predikované normy (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); pred AN\_SEP - standardní chyba predikce; norm NC\_05 - doplněná hodnota dolní meze 95% intervalu normy NC; norm NC\_SD - směrodatná odchylka hodnoty NC normy; V – Velocity - rychlost; FB – předo-zadní směr (front - back); S-M-F – rychlost posunu kurzoru (slow – medium - fast); CMP – kompositní skór

Graf 13 porovnává výsledné predikované hodnoty (lower\_05) norm AN a norm NC předo-zadních pohybů terče, který má testovaný jedinec ve třech rychlostech následovat v grafickém poli svým COG. V tomto parametru lze dohledat pouze u jedné ze tří hodnot statistický rozdíl mezi oběma testovanými normami.

Obrázek 27: RWS – On-Axis Velocity Forward/Backward Translation; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let



Legenda: RWS – OnAxis Velocity; Slow-Moderate-Fast – rychlost posunu kurzoru; CMP – kompozitní skór; uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); dole: ilustrační obrázek výsledků RWS bez reálně naměřených hodnot (zdroj: NeuroCom Analyse Software, 2020)

Obrázek 27 zobrazuje v horní části, kromě horní linie šedivého pole ohraničující 95% predikční interval představující normativní hodnotu vzniklé AN normy, také zřetelný rozptyl výsledků, kterého dosáhl při testování výzkumný soubor (n=193). Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu a jednotlivé modré terče zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů (ve shlucích) a jejich rozptyl. V porovnání s obrázkem v dolní části, graficky znázorňující hodnoty norm NC, je zřetelné, že nově stanovená norma má pro nejrychlejší pohyb kurzoru (Fast) od předcházející (Slow a Moderate) nejvýraznější odstup, než u norm NC.

#### 4.5.4 RWS - Directional Control (DC)

Tabulka 26: RWS – Directional Control; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let

data set	nobs	designation	lower_05	mean	SEP	T hodnota	P-value
RWS	1	LR-DC-S	74,707	82,404	4,680	-5,204	0,00000
RWS	1	LR-DC-M	78,904	86,067	4,355	-5,206	0,00000
RWS	1	LR-DC-F	83,663	90,062	3,891	-1,975	0,05011
RWS	1	FB-DC-S	66,648	79,326	7,708	-5,941	0,00000
RWS	1	FB-DC-M	71,343	82,736	6,926	-6,080	0,00000
RWS	1	FB-DC-F	76,322	86,492	6,183	-4,419	0,00002
RWS	3	LR-DC-CMP	80,870	86,178	3,227	-	-
RWS	3	FB-DC-CMP	75,428	82,851	4,513	-	-
RWS	6	DC-CMP	79,100	84,515	3,292	-	-

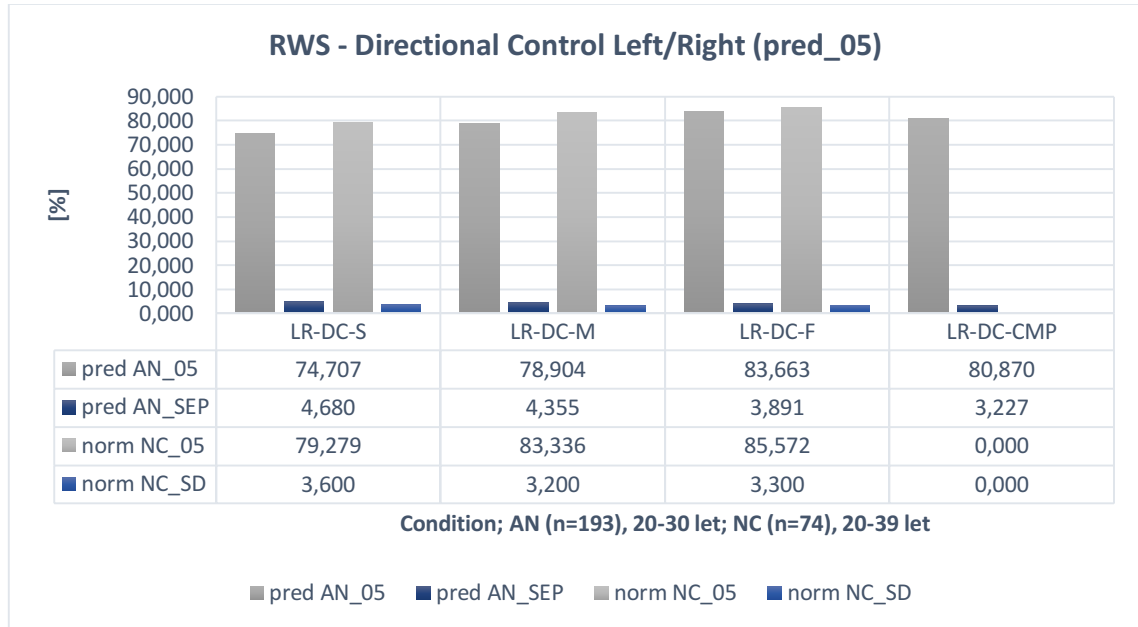
Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; SEP - standardní chyba predikce; T hodnota - hodnota testové statistiky Welchova t-testu; P-value - p-hodnota; modře je označena hodnota normy; zeleně je označena signifikantní hodnota rozdílu při zvolené  $\alpha < 0,05$

Tabulka 26 zobrazuje predikované hodnoty normy AN parametru Directional Control testovacího protokolu RWS. Modře je zvýrazněn sloupec **lower\_05**, který je zvolen pro predikovanou dolní hranici hodnot.

Zeleně jsou zvýrazněny p-hodnoty  $p=0,00000$  LR-DC-S, LR-DC-M, FB-DC-S, a  $p=0,00002$  FB-DC-F, které vyjadřují velmi významný statistický rozdíl mezi hodnotami jednotlivých norem norm AN a norm NC. Tyto signifikantní hodnoty jsou přiřazeny dvěma parametrům v levo-pravém směru a všem třem parametrům testu v předozadním směru. Testový protokol DC je jedním z mála testů, jehož výsledky jsou takto statisticky významné.

#### 4.5.5 RWS - Directional Control Left/Right (LR-DC)

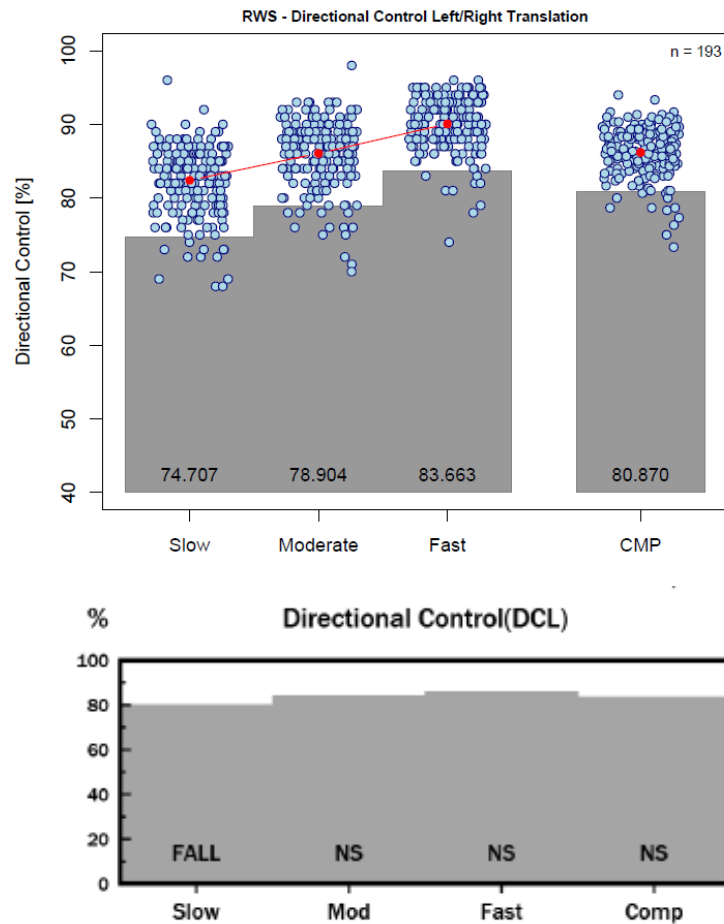
Graf 14: RWS – Directional Control Left/Right; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let



Legenda: pred AN\_05 - hodnota predikované normy (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); pred AN\_SEP - standardní chyba predikce; norm NC\_05 - doplněná hodnota dolní meze 95% intervalu normy NC; norm NC\_SD - směrodatná odchylka hodnoty NC normy; DC – Directional Control; LR – levo-pravý směr (left - right); S-M-F – rychlost posunu kurzoru (slow – medium - fast); CMP – kompositní skóre

Graf 14 porovnává výsledné predikované hodnoty (lower\_05) norm AN a norm NC levo-pravých pohybů terče, který má testovaný jedinec ve třech rychlostech následovat v grafickém poli svým COG. V tomto parametru lze dohledat u dvou ze tří hodnot statistické rozdíly mezi oběma testovanými normami.

Obrázek 28: RWS - Directional Control Left/Right Translation; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let

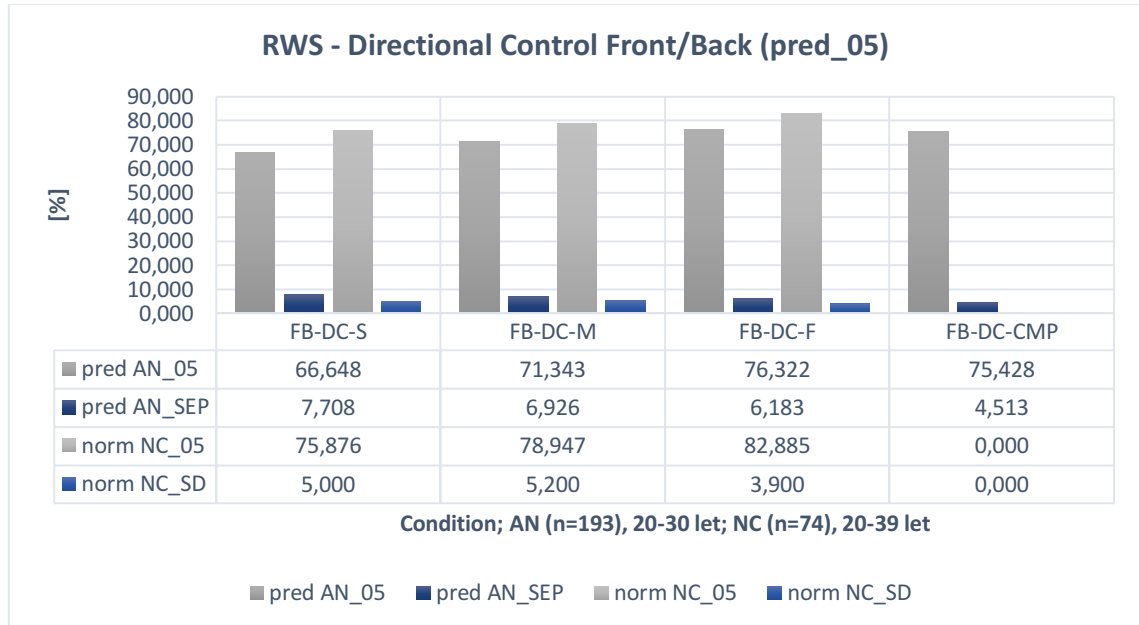


Legenda: RWS – Directional Control; Slow-Moderate-Fast – rychlost posunu kurzoru; CMP – kompozitní skór; uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); dole: ilustrační obrázek výsledků RWS bez reálně naměřených hodnot (zdroj: NeuroCom Analyse Software, 2020)

Obrázek 28 zobrazuje v horní části, kromě horní linie šedivého pole ohraničující 95% predikční interval představující normativní hodnotu vzniklé AN normy, také zřetelný rozptyl výsledků, kterého dosáhl při testování výzkumný soubor (n=193). Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu a jednotlivé modré terče zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů (ve slucích) a jejich rozptyl. V porovnání s obrázkem v dolní části, graficky znázorňující hodnoty norm NC, je zřetelné, že nově stanovená norma má mezi všemi rychlostmi pohybu kurzoru výraznější odstup hodnot.

#### 4.5.6 RWS - Directional Control Front/Back (FB-DC)

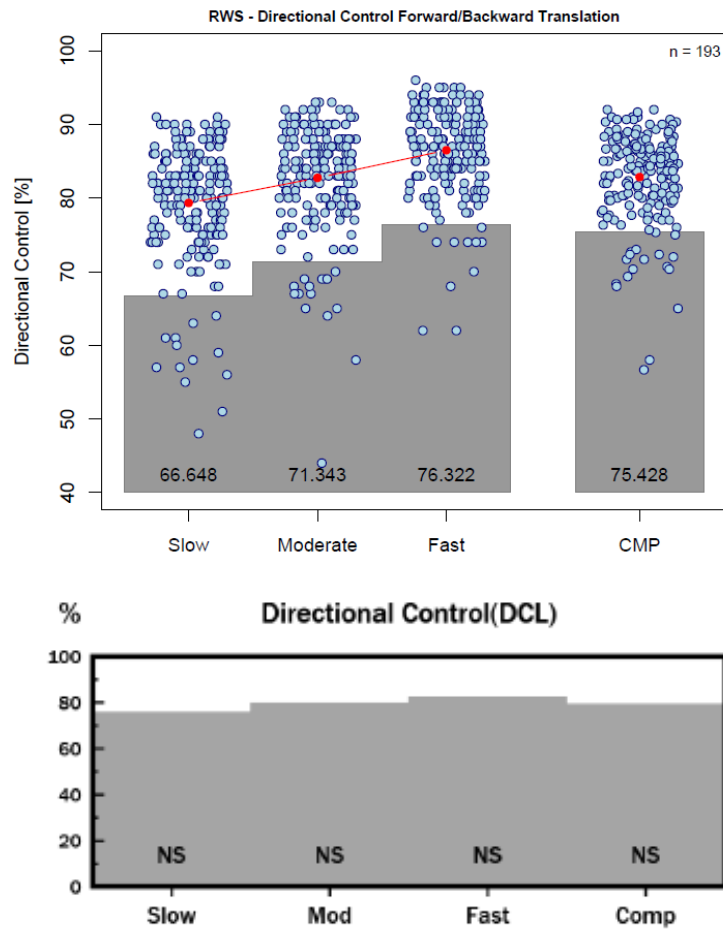
Graf 15: RWS – Directional Control Front/Back; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let



Legenda: pred AN\_05 - hodnota predikované normy (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); pred AN\_SEP - standardní chyba predikce; norm NC\_05 - doplněná hodnota dolní meze 95% intervalu normy NC; norm NC\_SD - směrodatná odchylka hodnoty NC normy; DC – Directional Control; FB – předo-zadní směr (front - back); S-M-F – rychlost posunu kurzoru (slow – medium - fast); CMP – kompozitní skóre

Graf 15 porovnává výsledné predikované hodnoty (lower\_05) norm AN a norm NC předo-zadních pohybů terče, který má testovaný jedinec ve třech rychlostech následovat v grafickém poli svým COG. V tomto parametru lze dohledat všechny tři hodnoty, u kterých se vyskytuje statistické rozdíly mezi oběma testovanými normami.

Obrázek 29: RWS – Directional Control Front/Back Translation; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let



Legenda: nahoře: RWS – Directional Control; Slow-Moderate-Fast – rychlost posunu kurzoru; CMP – kompozitní skór; uvedené hodnoty reprezentují nově vytvořenou AN normu (dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); dole: ilustrační obrázek výsledků RWS bez reálně naměřených hodnot (zdroj: NeuroCom Analyse Software, 2020)

Obrázek 29 zobrazuje v horní části, kromě horní linie šedivého pole ohraničující 95% predikční interval představující normativní hodnotu vzniklé AN normy, také zřetelný rozptyl výsledků, kterého dosáhl při testování výzkumný soubor (n=193). Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu a jednotlivé modré terče zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů (ve slucích) a jejich rozptyl. V porovnání s obrázkem v dolní části, graficky znázorňující hodnoty norm NC, je zřetelné, že nově stanovená norma má obecně nižší hodnoty a mezi všemi rychlostmi pohybu kurzoru výraznější odstup hodnot.

## 4.6 VÝSLEDKY UNI – UNILATERAL STANCE

Výsledné normativní hodnoty všech parametrů UNI byly stanoveny pomocí heteroskedastického smíšeného lineárního modelu a ve výsledných tabulkách jsou uvedeny konkrétní hodnoty normy AN a výsledky testové statistiky porovnávají obě normy. Ve sloupcových grafech jsou porovnány hodnoty norm AN (n=193) a norm NC (n=74) s uvedením konkrétních hodnot v dolní části grafu. Na obrázcích je zobrazeno grafické porovnání, kdy jsou pomocí modrých terčů vyjádřeny naměřené hodnoty výzkumné skupiny (n=193) a šedivými poli je ohraničen predikční interval. Hranici šedivých polí tvoří hodnota predikované normy, která je v obrázcích také číselně vyjádřena.

### 4.6.1 UNI - Mean COG Sway Velocity (SV)

Tabulka 27: UNI – Mean COG Sway Velocity; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let

data set	nobs	designation	upper_95	mean	SEP	T hodnota	P-value
UNI	3	LSV-EO	0,762	0,553	0,127	-5,877	0,00000
UNI	3	LSV-EC	1,905	1,423	0,293	-5,674	0,00000
UNI	3	RSV-EO	0,791	0,580	0,128	-8,059	0,00000
UNI	3	RSV-EC	1,993	1,470	0,318	-6,268	0,00000
UNI	2	SV-EO-CMP	0,793	0,567	0,138	57,173	-
UNI	2	SV-EC-CMP	2,049	1,447	0,366	54,871	-
UNI	2	LSV-CMP	1,426	0,988	0,266	51,567	-
UNI	2	RSV-CMP	1,497	1,025	0,287	49,666	-
UNI	12	SV-CMP	1,250	1,007	0,148	-4,963	0,00000

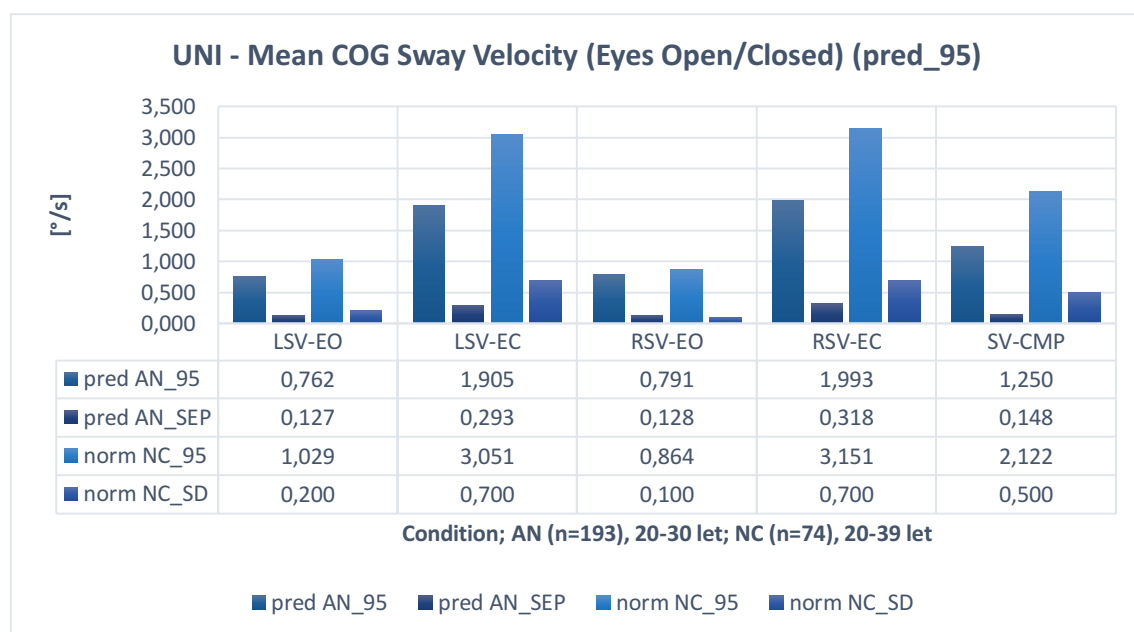
Legenda data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; SEP - standardní chyba predikce; T hodnota - hodnota testové statistiky Welchova t-testu; P-value - p-hodnota; modře je označena hodnota normy; zeleně je označena signifikantní hodnota rozdílu při zvolené  $\alpha < 0,05$



Tabulka 27 zobrazuje predikované hodnoty normy AN parametru Mean COG Sway Velocity testovacího protokolu UNI. Modře je zvýrazněn sloupec **upper\_95**, který je zvolen pro predikovanou horní hranici hodnot.

Zeleně jsou zvýrazněny p-hodnoty  $p=0,00000$  u všech hodnocených parametrů, které vyjadřují velmi významný statistický rozdíl mezi hodnotami jednotlivých norem norm AN a norm NC. Tyto signifikantní hodnoty jsou přiřazeny pro levou i pravou stranu v testovací podmínce zavřených i otevřených očí, tj. zcela se liší od uváděných norem NC.

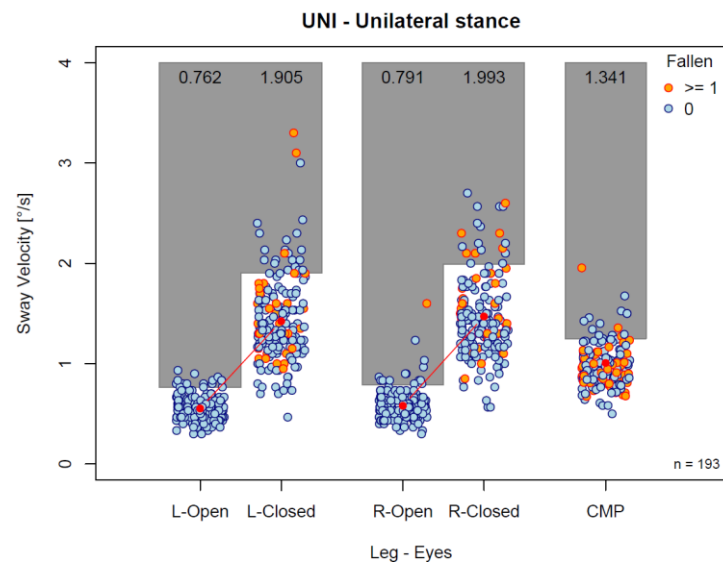
Graf 16: UNI – Mean COG Sway Velocity; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let



*Legenda: pred AN\_95 - hodnota predikované normy (horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu); pred AN\_SEP - standardní chyba predikce; norm NC\_95 - doplněná hodnota horní meze 95% intervalu normy NC; norm NC\_SD - směrodatná odchylka hodnoty NC normy; LSV – Sway Velocity levé strany; RSV – Sway Velocity pravé strany;; EO/C – eyes open/closed – postavení očí během testu; CMP – kompozitní skór*

Graf 16 porovnává výsledné predikované hodnoty (upper\_95) norm AN a norm NC rychlost výchylek COG při stoji na levé a pravé dolní končetině. V tomto hodnoceném parametru lze dohledat u všech položek signifikantní statistický rozdíl mezi oběma testovanými normami.

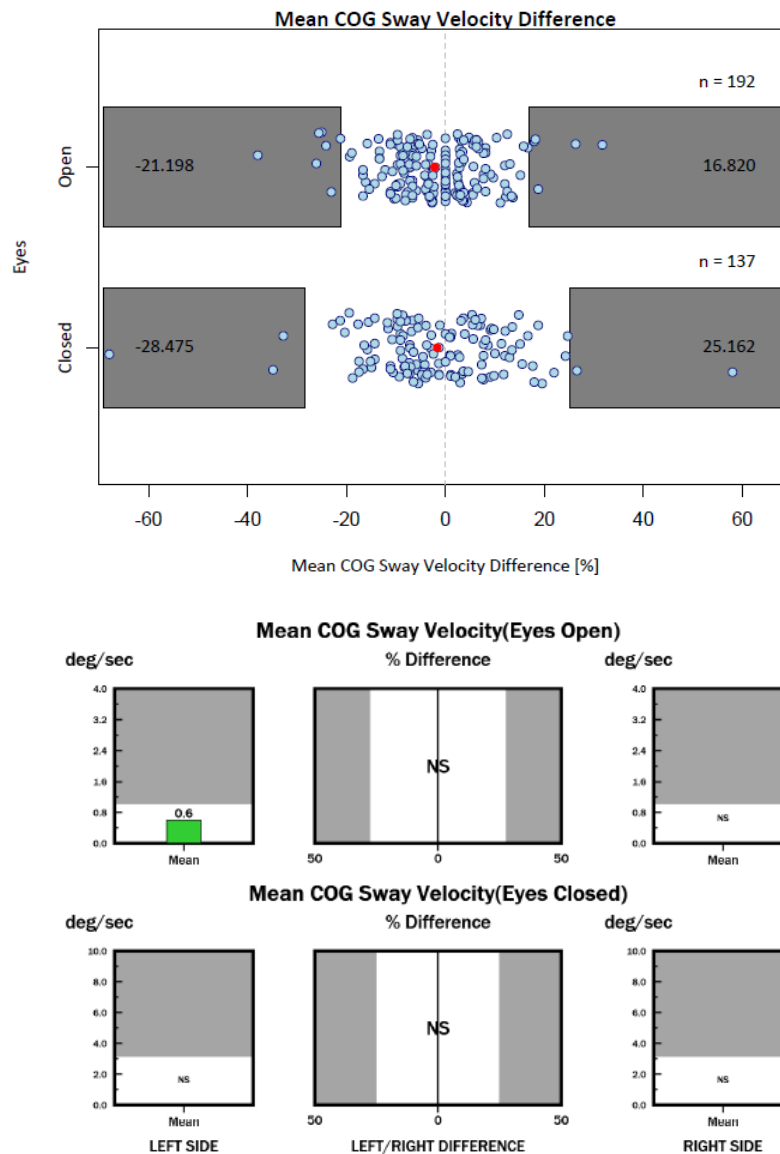
Obrázek 30: UNI - Mean COG Sway Velocity; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let



Legenda: LSV – Sway Velocity levé stany; L-Open/Closed, R-Open/Closed - ostavení očí během testu; L – levá strana, R – pravá strana; CMP – kompositní skór

Obrázek 30 zobrazuje horními liniemi šedivého pole ohraničující 95% predikční interval normativní hodnotu vzniklé AN normy. Z obrázku je také zřetelný rozptyl výsledků, kterého dosáhl při testování výzkumný soubor (n=193). Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu a jednotlivé modré terče zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů (ve shlucích) a jejich rozptyl. Oranžové terče označují hodnotu, kdy došlo k pádu. Tyto hodnoty jsou v následujícím obrázku vyloučeny.

Obrázek 31: UNI - Mean COG Sway Velocity % Difference – po úpravě hodnot (po eliminaci všech, u kterých došlo k pádu); grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=192) a (n=137), 20-30 let



Legenda: nahoře: Mean COG Sway Velocity % Difference – průměrný procentuální rozdíl stan; EO/C – eyes open/closed – postavení očí během testu; CMP – kompositní skór; dole: ilustrační obrázek výsledků LOS bez reálně naměřených hodnot (zdroj: NeuroCom Analyse Software, 2020)

Obrázek 31 v horní části zobrazuje vnitřními liniemi šedivého pole ohraničující 95% predikční interval normativní hodnotu vzniklé AN normy rozdílu rychlosti výchylek při stoji na levé a dolní končetině. Z obrázku je zřetelný posun COP nad levou stojnou končetinu a jak při otevřených očích (n=192), tak při testování se zavřenými očima (n=137). V těchto výzkumných souborech byly pro vyhodnocení odebrány hodnoty, které byly naměřené při pokusu, kdy došlo k pádu (tj. opuštěním výchozí testovací

pozice: dotknutí druhostranné DK plochy, nebo změna postavení chodidla na vyšetřovací plošině.)

## 4.7 VÝSLEDKY WBS – WEIGHT BEARING/SQUAT

Výsledné normativní hodnoty všech parametrů WBS byly stanoveny pomocí homoskedastického smíšeného lineárního modelu a ve výsledných tabulkách jsou uvedeny konkrétní hodnoty normy AN (n=193), tj. 97,5% predikčního intervalu, neboť hodnoty parametru EBS je třeba vymezen oboustranně, v rámci stranové (levo-pravé) symetrie. Všechny výsledky jsou doplněny o hodnotu predikovaného bodového průměru (mean) a standardní odchylky predikované chyby (SEP).

Na obrázku je zobrazeno grafické porovnání, kdy jsou pomocí modrých terčů vyjádřeny naměřené hodnoty výzkumné skupiny (n=193) a šedivými poli je ohraničen predikční interval. Hranici šedivého pole tvoří hodnota predikované normy, která je v obrázku také číselně vyjádřena.

### 4.7.1 WBS - Percentage Weight Bearing/Squat (WBS)

Tabulka 28: WBS; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let

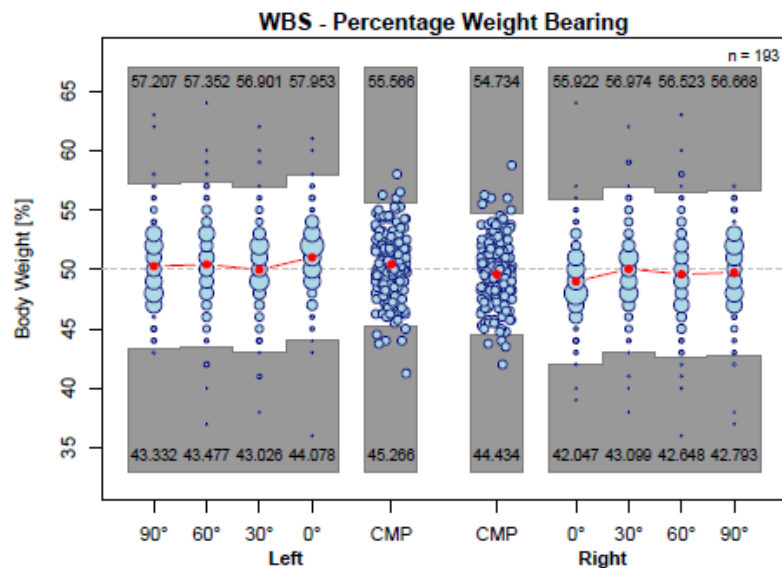
data set	nobs	designation	lower_025	lower_05	mean	upper_95	upper_975	SEP
WBS	1	LWBS-0	44,078	45,193	51,016	56,838	57,953	3,540
WBS	1	RWBS-0	42,047	43,162	48,984	54,807	55,922	3,540
WBS	1	LWBS-30	43,026	44,142	49,964	55,786	56,901	3,540
WBS	1	RWBS-30	43,099	44,214	50,036	55,858	56,974	3,540
WBS	1	LWBS-60	43,477	44,592	50,415	56,237	57,352	3,540
WBS	1	RWBS-60	42,648	43,763	49,585	55,408	56,523	3,540
WBS	1	LWBS-90	43,332	44,447	50,269	56,092	57,207	3,540

Legenda: data set - testovací protokol; nobs - počet pozorování průměrovaných pro predikci; designation - označení parametru; lower\_025 - dolní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; lower\_05 - dolní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; mean - predikovaná průměrná hodnota; upper\_95 - horní mez jednostranného 95% predikčního intervalu; upper\_975 - horní mez oboustranného 95% predikčního intervalu; SEP - standardní chyba predikce; pro výpočet byl použit homoskedastický model (nedošlo k rozdílným rozptylům za různých podmínek)

Tabulka 28 nabízí konkrétní hodnoty 95% a 97,5% predikčního intervalu, predikovaný bodový průměr hodnot (mean) a standardní odchylku predikované chyby

(SEP) u všech parametrů WS a to pro všechny výchozí polohy specificky určeného flekčního držení kolenních kloubů v rámci prostého stoje. Modře jsou zvýrazněny sloupce **lower\_025** a **upper\_975**, které vymezují rozsah predikovaných hodnot, které jsou zvoleny k vymezení normy AN.

Obrázek 32: WBS – Percentage Weight Bearing; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let



Legenda: WBS – Weight Bearing/Squat – Left - označení pro levou stranu; Right - označení pro pravou stranu (R – right); 0-30-60-90 – hodnota flexe v kolenních kloubech; CMP – kompositní skóre

Obrázek 32 zobrazuje oboustrannými šedivými poli vymezení rozsahu hodnot, popisující změnu symetrického rozložení váhy testovaného výzkumného souboru. Vnitřní linie šedivých polí ohraničují shora i zdola 97,5% predikční interval představující normativní hodnoty vzniklé AN normy. Modré terče graficky zobrazují dosažené hodnoty jednotlivých probandů výzkumného souboru (n=193) a z jejich rozmístění (ve slucích) je patrná i četnost podobných a rozptýl naměřených hodnot. Červené středy graficky zobrazují průměrnou hodnotu a jimi vedená červená linie zobrazuje posun symetrie celého výzkumného souboru směrem doleva.

## 5. DISKUSE

Práce se zabývala stanovením nových normovaných hodnot, které by byly vhodné pro testování sportující populace ve věku 20-30 let („Athlets Norm 20-30“); (n=245, případně n=193). Důvodem k řešení práce bylo zjištění, založené na zkušenosti posturografických měření v Kineziologické laboratoři Katedry Fyzioterapie UK FTVS, že výsledky testů sportující populace nelze objektivně srovnat s příslušnými hodnotami, které výrobce NeuroCom Natus Incorporated integroval do vyhodnocovacího systému. Dynamický počítačový posturograf SMEQ je v běžné klinické praxi v celorepublikovém i světovém měřítku převážně používán pro hodnocení dynamické posturální stability pacientů, kteří mají klinické potíže projevující se sníženou schopností stability. Většina prováděných studií na půdě Fakulty tělesné výchovy a sportu, je prováděna v souvislosti s detailní analýzou pohybového projevu sportovců a při vyhodnocování kvalit posturálního zabezpečení se ukázalo, že nastavení norem, jež jsou integrovány do SMEQ, pro vyhodnocení sportovců není natolik detailní a citlivé, aby splňovalo nároky řešení prováděných studií a výzkumů.

Hodnoty NeuroCom Data Range (dále jen „norm NC“) lze vyhledat v doprovodné dokumentaci přístroje a detailní analýzou bylo zjištěno, že normované hodnoty pro jednotlivé testovací protokoly jsou výsledkem několika studií o různě velkém počtu testovaných skupin. Překvapivé bylo i zjištění, že hodnoty normy byly stanovovány i pro odlišně určené věkové hranice testovaných. Dalším zjištěním bylo, že samotné číselné vyjádření hodnot bylo stanoveno prostým průměrem výsledků testované skupiny, doplněné o hodnotu standartní odchylky vyhodnocených dat. Hodnoty norm AN tedy jsou založeny na průměrných hodnotách bez ohledu na to, že většina testů je designována tak, že jednotlivé testovací procedury se opakují; tzn. lze předpokládat, že se v rámci samotného testování jedince dostaví, již během samotného vyšetření, efekt motorického učení.

### 5.1 DISKUSE K CÍLI PRÁCE Č. 1

Vzhledem k absenci normovaných hodnot pro sportující populaci v rámci přístrojového vyhodnocení SMEQ si práce kladla za hlavní cíl stanovit *normované*

*hodnoty pro všechny jednotlivé parametry testovacích protokolů CDP, které lze získat v rámci měření testovacími protokoly SMEQ. Cílovou skupinou byla sportující, zdravá populace v České republice, tvořená jedinci ve věku 20-30 let. Stanované normované hodnoty jsou pro lepší orientaci v práci označovány jako „norm AN“ („Athlets Norm 20-30“).*

Práce si kladla za cíl stanovit nové normy, jejichž hodnoty by reflektovaly způsob provedení samotného testování (opakování stejně obtížných podmínek, zvyšování náročnosti testovacích podmínek, změny směru, změny rychlosti testovacích podmínek, apod.) a zohlednit jejich vliv ve výsledné hodnotě. Cílovou skupinou byla stanovena skupin aktivně sportujících jedinců ve věku 20-30 let. Při detailní analýze data-setu, který byl sestaven ze všech hodnot získaných vyhodnocením všech parametrů u všech testovacích protokolů, vyšly najevo charakteristické projevy vlastností dat, které byly později v rámci sestavování vzorce modelu pro výpočet nových norem, již zohledněny.

Celý data-set všech testovaných parametrů, u záměrně zvolené výzkumné skupiny, obsahoval zaznamenané hodnoty u  $n=245$  testovaných osob výsledky u 7 základních testovacích protokolů, u kterých byly zaznamenány všechny testované parametry, tj. u testovacího protokolu LOS bylo analyzováno 65 parametrů, u testovacího protokolu SOT bylo analyzováno 18 parametrů, u testovacího protokolu MCT bylo analyzováno 43 parametrů, u testovacího protokolu ADT bylo analyzováno 13 parametrů, u testovacího protokolu RWS bylo analyzováno 18 protokolů, u testovacího protokolu UNI bylo analyzováno 9 parametrů a u testovacího protokolu WBS bylo analyzováno 10 parametrů. Data, která byla prvotně analyzována, byla tedy tvořena hodnotami data-setu, která čítala 176 parametrů u každého z 245 testovaného jedince.

U jednotlivých parametrů byl zjištěn rozptyl dat, který u všech parametrů nebyl totožný, a proto byla i tato skutečnost zohledněna ve způsobu výpočtu nových hodnot norm AN. Ignorováním této skutečnosti by mohlo u predikovaných norm AN hodnot vést k nepřiměřeně vysokým, resp. nízkým hodnotám samotné normy.

Pro výpočet hodnot norm AN byl použit lineární smíšený model s náhodným interceptem, tj. absolutním členem. Kdy náhodné efekty jednotlivých jedinců lze interpretovat jako přirozenou schopnost být dobrý nebo špatný v reakci na testovaný podnět. V práci použitý model, pro výpočet normovaných hodnot jednotlivých



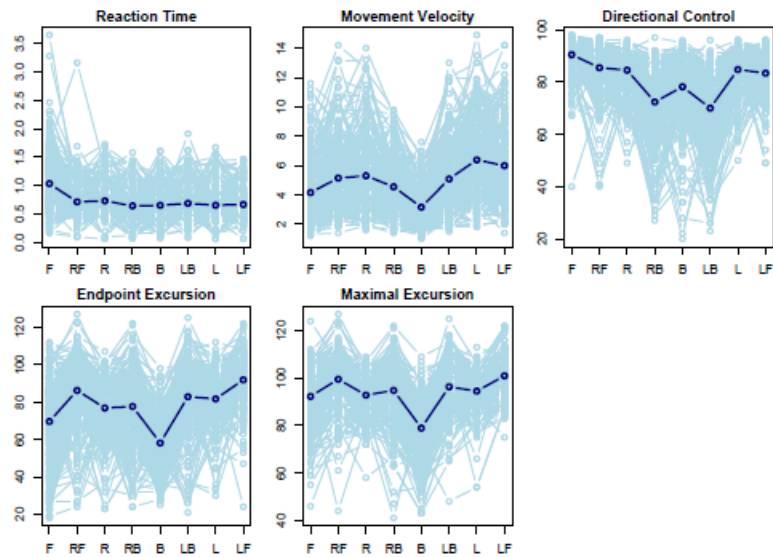
testovacích protokolů, respektuje (koeficienty fixní části) počet opakování, zvyšující se náročnost, mění se rychlost apod. Stejně tak je upraven, aby při výpočtu byla zohledněna predikce průměru přes všechna opakování jednotlivých pokusů, které jsou dány designem samotného testovacího protokolu.

Koeficienty lze v budoucnu případně rozšířit i o další testované podmínky, tj. například specifickou skupinu sportovců danou konkrétním sportem (vysocí basketbalisté, drobné gymnastky, ...), tak aby norma mohla být případně použita pro konkrétní populační skupinu.

Nové normy jsou konstruovány jako jednostranné nebo oboustranné predikční intervaly, jejichž meze by byly překročeny přibližně v 5% testovaných jedinců. Volba tohoto predikčního intervalu byla inspirována poznámkou, uvedenou u průměrných hodnot v dokumentaci (Natus Medical Inc., 2007, 2013), která zmiňuje i případné použití 5% kvantilu.

Níže je pro příklad uveden popis prvotní analýzy dat testovacího protokolu LOS, který byl vybrán, protože se jeví jako nejlepším reprezentantem pro testování dynamické anticipační posturální stability. Z uvedeného obrázek (Obrázek 33), je zřetelný jednoznačný vliv pořadí testovaných parametrů.

Obrázek 33: LOS – pozorované hodnoty ve všech směrech v pořadí, v jakém byly testovány; tmavě je vykreslena i průměrná křivka



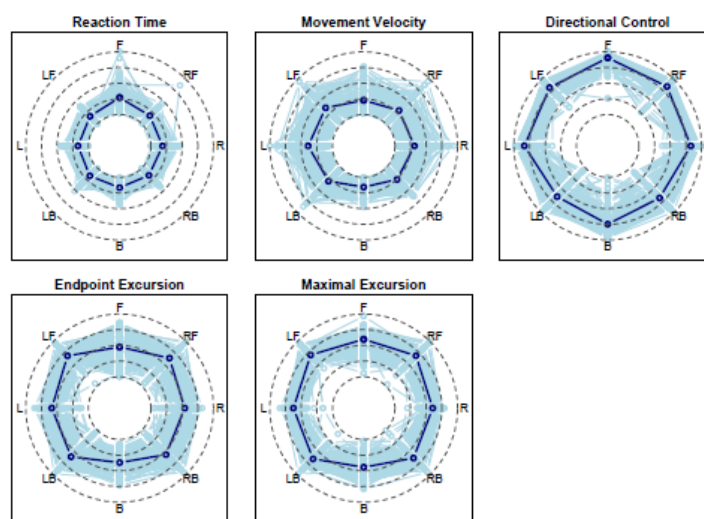
Legenda: LOS; F/forward, RF/right-forward, R/right, RB/right-backward, B/backward, LB/left-backward, L/left, LF/left-backward

Na obrázcích jsou světle modrou barvou vykresleny zaznamenané hodnoty jednotlivých parametrů (RT, MVL, DCL, EPE, MXE) ve všech osmi vyšetřovaných směrech. V horním levém obrázku, který reprezentuje data parametru Reaction Time (RT), je jako první vyšetřovaný směr uveden směr F (front) - vpřed, kde je vidět největší rozptyl hodnot. Testový protokol probíhá tak, že se vyšetřovaná osoba postupně snaží v co nejkratším čase a s největší přesností přemístit své COP do jednotlivých, softwarem předem definovaných cílových bodů, ve směru hodinových ručiček. V rámci průběhu testu tedy po směru F následuje směr FR (frontright) – vpravo vpřed, pak následuje směr R (right) – vpravo apod. Tak jak jedinec postupně přemísťuje své COP do cílových bodů, umístěných v jednotlivých směrech, je zřetelné, že s každým dalším pokusem dochází ke zlepšení. Jedinou výjimkou je směr B (back) – vzad, který je obecně považován, pro posturální kontrolu bipedálního vzpřímeného stoje, nejnáročnější. Toto zlepšení je pozorovatelné u všech jednotlivých testovaných parametrů (malých obrázků) a je zřetelné i z tmavě vykreslených průměrných křivek; tzn. v testech, kde je třeba dosáhnout co nejnižších hodnot ve výsledcích testu, tmavá linie křivky má tendenci klesat (RT, DC) a tam, kde je naopak třeba dosáhnout co nejvyšších hodnot (MV, EPE, MXE) má linie tmavé křivky stoupat. Jedinou výjimkou tohoto trendu je parametr (DC), který z podstaty samotného testu, tj. zajištění co nejkvalitnější směrové kontroly posunu COP na úkor rychlosti reakce (RT), koncové vzdálenosti (EPE) přímé trajektorie COP a i

maximální vzdálenosti posunutého COP (MXE) v rámci vyšetření limitů stability (LOS) motorickým učením (Raiola, 2017; Schmidt et al., 2019; Wrisley et al., 2007) klesá.

Tento trend je pozorovatelný u všech jednotlivých parametrů LOS a bylo nasnadě, se s touto skutečností v rámci vytváření nových normovaných hodnot, vyrovnat. S úspěchem toto řeší právě zvolený smíšený lineární model s absolutním členem, který byl pro bodový odhad průměrných hodnot v práci použit. Níže v obrázku (Obrázek 34) jsou zobrazené predikované hodnoty ve spirále, jež lépe reprezentují samotný průběh testu.

*Obrázek 34: LOS – predikované hodnoty na základě použitého LME ve všech směrech zobrazené ve spirále; měřeno postupně od F ve směru hodinových ručiček; tmavě je vykreslena i odhadnutá průměrná křivka*



*Legenda: LOS; F/forward, RF/right-forward, R/right, RB/right-backward, B/backward, LB/left-backward, L/left, LF/left-backward*

Lineární smíšený model svou matematickou konstrukcí umožňuje přidání i další konstanty z důvodu zjištění závislosti přidané proměnné. (Pillinger, 2014) V literatuře jsou často diskutovány věk, výška a váha jedince, o kterých je předpokládáno, že nejvíce ovlivňují kvalitu posturální stabilizace. (Błaszczuk, 2016; Ferber-Viart et al., 2007; Rinaldi et al., 2009; Steindl et al., 2006) K potvrzení této diskuse a k potvrzení funkčnosti použitého modelu, byl jednoduchý lineární smíšený model postupně doplněn o regresor (věk, výška, váha a BMI) o kterém se předpokládalo, že by mohl ovlivnit hodnotu stanovených norem. V tabulce (Tabulka 29) jsou uvedeny výsledné p-hodnoty, které vznikly doplněním jednoho ze zvolených regresorů (věk, výška, váha a BMI) do použitého

modelu. Uvedené p-hodnoty vyjadřují vztah, který testuje význam zvoleného regresoru na výši hodnot norm AN jednotlivých parametrů.

V tabulce (Tabulka 29) jsou zeleně označeny hodnoty, které jsou považovány za významné na testované hladině významnosti  $\alpha < 0,001$ . Četnost zeleně označených hodnot v jednotlivých sloupcích potvrzuje tvrzení autorů (Doyle et al., 2007; Horák et al., 2017; Ku et al., 2016; Liaw et al., 2009; Molikova et al., 2006; Pinsault & Vuillerme, 2009; Pletcher et al., 2017; Ricotti, 2011; Schmid et al., 2008; Sell, 2012; Tyson & Connell, 2009; Yelnik & Bonan, 2008), že parametry dynamické posturální stabilizace nejvíce ovlivňuje výška (7 potvrzených parametrů z 20) a váha (6 parametrů z 20) jedince. Jakýsi skrytý vztah lze vysledovat u regresoru BMI (3 potvrzené parametry z 20), který je ale dán sám o sobě závislostí na výšce a váze jedince.

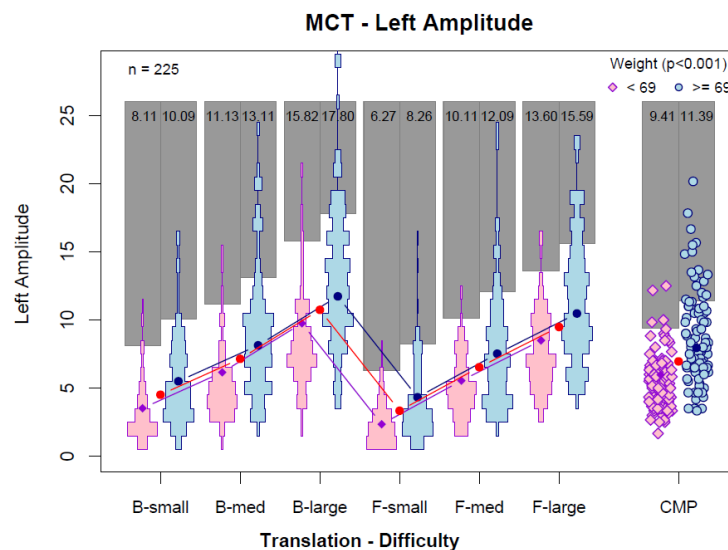
Tabulka 29: P-hodnoty regresorů doplněných do smíšeného lineárního modelu s interceptem

designation	věk	výška	váha	BMI
RT	0,9097	0,1672	0,8554	0,9696
MVL	0,1302	0,9003	0,4706	0,6591
DC	0,7661	0,0128	0,9445	0,6173
EPE	0,4998	0,9610	0,6263	0,4071
MXE	0,9150	0,7874	0,4946	0,8245
EQL	0,9058	0,2993	0,1059	0,9638
STRA	0,8942	0,0905	< 0,0001	0,5870
SEN	0,7897	0,0809	0,0989	0,9228
WS	0,1347	0,0907	0,5248	0,8866
LLT	0,7777	0,0009	0,1879	0,1730
RLT	0,9348	0,0002	0,0272	0,0723
LAM	0,3276	0,0038	< 0,0001	0,9332
RAM	0,4976	0,0002	0,0001	0,0629
SS	0,5306	0,3979	0,3066	0,0636
OAV	0,8007	0,3747	0,3920	0,2803
DCL	0,3620	0,1264	0,2889	0,5740
SV	0,6204	0,9394	0,2123	0,2020
WBSL	0,0026	0,0053	0,0673	0,2979
WBSR	0,0023	0,0052	0,0649	0,2993
ADT	0,2479	0,4537	0,0002	0,2063

Legenda: RT – Reaction Time, MVL – Movement Velocity, DCL – Directional Control, EPE – Endpoint Excursion, MXE – Maximal Excursion, EQL – Equilibrium Score, STRA – Strategy Analysis, SEN – Sensory Analysis, WS – Weight Symmetry, LLT – Latency levá strana, RLT – Latency pravá strany, LAM – Amplitude levá strana, RAM – Amplitude pravá strana, SS – Strength Symmetry, OAV – On-Axis Velocity, DC – Directional Control, SV – Sway Velocity, WBSL – Weight Bearing Squat levé strany, WBSR – Weight Bearing Squat pravé strany, ADT – Adaptation Test

Pro snadnější orientaci v problematice je níže uveden i příkladový obrázek (Obrázek 35) parametru MCT\_LAM, ve kterém jsou získaná data rozdělena na dvě poloviny – hranici tvoří hrubá průměrná hodnota regresoru z (n=245). Pro věk byla přibližná průměrná hodnota rovna 24 let, pro výšku je 174 cm, pro váhu 69 kg a pro BMI 22,5. Hodnoty těchto dvou částí (rozdělených hodnotou průměru) jsou ve sloupci každého parametru uvedeny vedle sebe, aby bylo zřetelné, jak se mezi sebou liší.

Obrázek 35: MCT – LAM, zobrazení regresoru „váha“



Legenda: LAM – Amplitude Scaling levé strany; L/R – označení levé a pravé strany; small-med-large - velikost translačního posunu plošiny (small – medium – large; pro predikci byly ostatní veličiny ostatních regresorů brány za konstantní

V obrázku (Obrázek 35) MCT-LAM (regresor váha) je vidět, jak by bylo zapotřebí upravit normy, pokud by bylo nutné predikovat hodnoty pro jednice vážícího např. 60kg a 80kg. Lze si všimnout, že přidáním regresorů se také snižuje SEP (standardní chyba predikce), tudíž zobrazené normy jsou často nižší, než jsou uvedeny v samotné výsledkové části.

Byl-li by využíván lineární smíšený model obohacený o další intercepty, lze tedy normu správně nastavovat na konkrétního člověka (příslušným posunutím bodové predikce hodnot norm AN); tj. na výše uvedeném obrázku je vidět, jak by bylo třeba upravit normu pro 24letého člověka, vysokého 174 cm, kdyby vážil 60 kg a kdyby vážil 80 kg.

Hlavním cílem práce bylo stanovení konkrétních normovaných hodnot parametrů testovacích protokolů SMEQ. Nové hodnoty norm AN byly konstruovány jako jednostranné nebo oboustranné 95% predikční intervaly, jejichž meze jsou překročeny zhruba 5% jedinců, kteří dosahují nežádoucích extrémních hodnot. Ve výsledcích jsou uvedeny a modře označeny příslušné hodnoty s uvedením, jakým intervalem a z jakého směru byly hodnoty omezeny.

Predikční interval využívající jednostranné horní omezení 95% predikčního intervalu, v práci označovaný jako **upper\_95**, byl využit a stanoven u 64 parametrů dynamické posturální stability, tj. u parametru Reaction Time u testovacího protokolu LOS, parametru Latency u testovacího protokolu MCT, u parametru Sway Velocity testovacího protokolu UNI, u parametru Toes Up a Toes Down testovacího protokolu ADT. Všechna tato omezení odpovídají i hodnotám norm NC. (Natus Medical Inc., 2007, 2013) Nově stanoveny byly hodnoty norm AN pro detailní směry u testu Reaction Time, Amplitude Scaling včetně jejich kompozitních skóre.

Predikční interval využívající jednostranné dolní omezení 95% predikčního intervalu, v práci označovaný jako **lower\_05**, byl využit a stanoven u 88 parametrů dynamické posturální stability, tj. u parametru Movement Velocity, Directional Control, Endpoint Excursion a Maximal Endpoint Excursion testovacího protokolu LOS, u parametru Equilibrium Score, Strategy Analysis a Sensory Ratio u testovacího protokolu SOT, u parametru Velocity a Directional Control u testovacího protokolu RWS. I v tomto případě všechna omezení odpovídají hodnotám norm NC. (Natus Medical Inc., 2007, 2013)

Oboustranné omezení 97,5% predikčního intervalu bylo stanoveno u všech parametrů, které potřebují vymezit z horní i dolní rozsah hodnot, tj. Weight Symmetry a Strenght Symmetry testovacího parametru MCT, u kterého byly normy nově vytvořeny

Oboustranné omezení bylo použito i u parametru Weight Bearing Percentage testovacího protokolu WBS. (Natus Medical Inc., 2007, 2013)

Z výše uvedeného lze vyvodit, že první cíl této práce byl naplněn.

## 5.2 DISKUSE K CÍLI PRÁCE Č. 2

Druhým cílem práce bylo ověření rozdílů stanovených hodnot norm AN s běžně používanými hodnotami norm NC. K tomuto druhému cíli se také vztahuje první výzkumná otázka a první hypotéza.

Stanovení statistického rozdílu, mezi hodnotami norm AN a norm NC, bylo provedeno pomocí Welchova t-testu, jenž je modifikací Studentova dvouvýběrového testu hodnotící neshodné rozptyly. Testová statistika byla provedena na hladině významnosti  $\alpha=0,05$ , pro všechny parametry jednotlivých testovacích protokolů, které i u norm NC měly známou konkrétní hodnotu. Výsledky testové statistiky jsou uvedeny v tabulkách (Tabulka 32, str. VII; Tabulka 33, str. XII), z které je zřetelné jaké parametry dosáhly statisticky významných hodnot.

U testového protokolu LOS bylo testováno 25 parametrů (což byly parametry, u kterých se daly v příslušné dokumentaci vyhledat hodnoty norm NC) a 19 z nich byl prokázán statisticky významný rozdíl. Parametry, které se neprokázaly jako statisticky významné, jsou: RT-R, RT-L; DCL-F, DCL-L; MXE-F, MXE-R.

U testového protokolu SOT bylo testováno 11 parametrů a pouze u 3 bylo možné dle p-hodnoty označit statisticky významným rozdílem. Konkrétně se jedná o parametry: EQL-4, EQL-CMP a RAT-VIS.

U testového protokolu MCT mohlo být statistickému pozorování podstoupeno 12 parametrů, u nichž jsou známy konkrétní hodnoty norm NC, a 4 parametry po otestování nevykazovaly signifikantní rozdíl: LLT-B-M a LLT-B-L; RLT-B-M a RLT-B-L.

U testového protokolu ADT bylo Welchovým testem otestováno 10 parametrů, z nichž tři nevykazovaly statistický rozdíl: TDN-1, TDN-4, TDN-5.

Testový protokol RWS vykázal pouze 2 parametry z 12 možných testovaných parametrů statisticky nevýznamné: FB-V-F a LR-DC-F.

Testovací protokol UNI nabídl k vyhodnocení 5 parametrů a všechny vykazovaly statisticky významný rozdíl mezi normami.

Pro prostudování metodiky, kterou byly referenční hodnoty norm NC zpracovány, bylo předpokladem, že se nově vzniklé normované hodnoty budou, díky metodickému způsobu zpracování dat lišit od těch původních. (Alvarez-Otero & Perez-Fernandez, 2017; Chaudhry et al., 2011; Pang et al., 2011)

Předpoklad rozdílnosti hodnot jednotlivých norem vychází i ze skutečnosti, že jednotlivé normy byly stanovovány z nehomogenních, různě početných výzkumných skupin s odlišným zastoupením mužů a žen a i s odlišně zvolenou věkovou hranicí. V dokumentaci náležící SMEQ lze dohledat, že hodnoty norm NC byly stanoveny na 4 rozdílných souborech (n=29, n=64, n=74 a n=112). Pouze u souboru n=74 byl určen poměr zastoupení mužů a žen (31 mužů a 43 žen). U ostatních sledovaných souborů tato informace chybí. U žádného zmiňovaného souboru nebyly doloženy žádné informace popisné statistiky ani u věku, váhy a výšky.

Skupinou čítající n=29 (20-59 let) byly stanoveny hodnoty testovacího protokolu MCT a to pouze u parametru LT, u ostatních parametrů normované hodnoty stanoveny nebyly. Skupinou čítající n=64 (20-59 let) byly stanoveny hodnoty testovacího protokolu ADT. Hodnoty parametrů, které byly stanoveny ze vzorku n=74 (20-39 let) byly u LOS, RWS a UNI. Nejpočetnější skupina n=112 (20-59 let) byla využita pro stanovení normovaných hodnot u všech parametrů testovacího protokolu SOT, jež se pro hodnocení anticipační dynamické posturální stability, jeví nejlepším nástrojem.

Norm AN byla stanovena z výzkumného souboru n=245 pro LOS, SOT a MCT; n=193 pro ADT, RWS, WBS a UNI. U souboru n=245 (20-30 let) bylo zastoupeno pohlaví v počtu 107 mužů a 138 žen. U souboru n=193 (20-30 let) bylo zastoupeno pohlaví v počtu 84 mužů a 109 žen.

Z empirie běžného života, ale i z výsledků prací (Liaw et al., 2009; Ricci et al., 2009) je jednoznačné, že úroveň dynamické i statické stability je ovlivňována věkem jedince. Mnoho studií poukazuje i na pokles posturální jistoty s věkem, což bývá i příčinou zvýšeného rizika pádů. Studie (Binda et al., 2003; Hatch et al., 2003; Jbabdi et



al., 2008; Kashikar & Nagarkar, 2012; Vomáčková, Čermáková, et al., 2020) ověřily, že v důsledku senzomotorických změn v průběhu stárnutí se projeví se sníženou kontrolou pohybu vzad. S přibývajícím věkem se mění i kvalita motorické odpovědi, která se nejeví zdaleka tak rychlá a integrovaná jako v mladším věku.

Autoři studií (Cug et al., 2016; Dallinga et al., 2016; Steindl et al., 2006) shledali ve svých pracích, že pohlaví ovlivňuje u mladých jedinců míru posturální stability. Sella a kol. (2018) ve své studii popsal, že ženy sloužící v armádě v porovnání s muži nevykazují v dynamické posturální stabilitě žádné rozdíly oproti testovaným mužům. Dále popsal, že zkoumané ženy měly výrazně lepší statickou posturální stabilitu. (Sell et al., 2018) Výsledky Olchowika a kol. (2015) popisují, že pohlaví mladých zdravých jedinců bez klinických příznaků poruch rovnováhy neovlivňuje účinnost sensorického systému při udržování tělesné rovnováhy. (Olchowik et al., 2015; Yuntao et al., 2017)

Výrazný vliv změn posturální kontroly se ale u záměrně zvolené skupiny, která je omezena deseti lety ve velmi aktivním období jedince tj. mezi 20-30 lety věku života, se v této práci nepředpokládá. Vliv pohlaví je diskutabilní a je zřetelné, že díky rozložení svalové hmoty, obsahu tělesného tuku, hustoty těla bude kvalita posturálních funkcí ovlivněna. Tento předpoklad lze doplnit i studií, v které se prokázalo, že vyšší BMI (resp. obezita) snižuje úroveň posturální stability. Toto tvrzení, ale nelze plošně aplikovat na skupinu sportující populace, kdy je předpoklad, že hraniční hodnota BMI je leckdy způsobena nárůstem svalové hmoty, kterou často aktivní sportovci disponují. (Aras et al., 2018; Capodaglio et al., 2012)

V práci byly záměrně stanoveny normované hodnoty pro celou skupinu, bez ohledu na pohlaví, s vědomím, že použitý smíšený lineární model může i tuto proměnnou, resp. regresor zohlednit při stanovování případně modifikovaných hodnot norem.

Celkem bylo možno testovou statistikou zatížit 75 parametrů a u 27 parametrů nebyla prokázána statistická významnost rozdílu mezi norm AN a NC, tj. 33,3%.

Plechter et al. (2017) stanovili na (n=542) skupině aktivních vojáků speciálních vojenských sil armády US, normativní data EQL SOT testu SOM, VIS, VEST a PREF a jejich hodnoty vztahovaly k prevenci vertebroalgického syndromu a funkčních poruch v oblasti

páteře. Nutno podotknout, že hodnoty norm AN jsou ve všech hodnocených parametrech, oproti hodnotám pro americké vojenské složky, přísnější. (Pletcher et al., 2017)

Trueblood et al. (2018) při porovnávání průměrných referenčních hodnot SOT, LOS a ADT dvou velmi obdobných CDP systému - NeuroCom a Bertec (s využitím norm NC) popsali, že jediný parametr EQL-4 je ze zjištěných hodnot statisticky významný. S tímto tvrzením souhlasí i výsledky této práce, neboť neadekvátní hodnota EQL-4 současně ovlivňuje hodnotu EQL-CMP, jehož je jakožto jedna položka z váženého průměru, součástí. Dalším parametrem, který může hodnota EQL-4 je právě RAT-VIS, který je daný poměrem  $EQL4/EQL1$ , čímž je určen rozsah ztráty stability jedince, při narušeném somatosenzorickém vstupu díky, pohybům plošiny při otevřených očích. S výsledky studie (Trueblood et al., 2018) lze vzhledem k zjištěným výsledkům popisující rozdíl norem u SOT testovacího parametru souhlasit.

**Výše uvedeným je naplněn i druhý cíl práce. Výsledky testové statistiky prokázaly, že rozdíl hodnot jednotlivých parametrů norem není roven nule, tj. nulová hypotéza  $H_{10}$  byla prokázána za nepravdivou. Alternativní hypotéza  $H_{1A}$  nebyla potvrzena, protože nedošlo k statisticky významnému ověření rozdílu u všech testovaných a vyhodnocovaných parametrů.**

### **5.3 DISKUSE K CÍLI PRÁCE Č. 3**

Třetím, doplňujícím, cílem práce bylo pilotně stanovit reliabilitu všech jednotlivých parametrů testovacích protokolů získatelných pomocí SMEQ, které se testují v podmínkách Kineziologické laboratoře katedry Fyzioterapie UK FTVS. K třetímu cíli práce se vztahuje druhá výzkumná otázka a druhá hypotéza.

Testování reliability všech parametrů v rámci pilotního šetření bylo provedeno pouze na skupině čítající  $n=9$  jedinců ve věku 20-30 let. Důvodem byla snaha o pilotní stanovení korelačního koeficientu u všech testovaných parametrů, neboť tyto informace se v dokumentaci u všech parametrů neobjevují. Korelační koeficienty z dat testu a opakovaného re-testu byly stanoveny individuálně pro všechny jednotlivé parametry

(Tabulka 34; str. XIV) a také pro jednotlivé testové protokoly. Pearsonův korelační koeficient měří linearitu vztahu dat z prvního a opakovaného týdne; tj. testuje, jak moc spolu souvisí.

Korelační koeficient „r“ a p-hodnota testu při nulovosti korelace byla stanovena u všech 271 hodnotitelných parametrů daných základním data-setem (Příloha č. 4 - Tabulka 34, str. XIV), bez ohledu na to, k jakému testovacímu protokolu náleží. Za dobrou, resp. dostačující spolehlivost testu byla brána hodnota korelačního koeficientu rovna nebo vyšší 0,8. Ze všech jednotlivých testovaných parametrů tuto podmínku splnilo 40 parametrů. Rozmezí korelačního koeficientů bylo u těchto parametrů 0,80-0,99, což by mohlo být posouzeno jako velmi dobrá míra spolehlivosti. Ale i na tomto místě je třeba podotknout, že z devíti pozorování nelze tyto pilotně zjištěné výsledky považovat za přesvědčivě spolehlivé.

Korelační koeficient i hodnota testové statistiky byly dále stanoveny i pro testovací parametry brané jako celek, bez ohledu na to, z kolika dílčích parametrů jsou celkové výsledné hodnoty tvořeny. Jejich hodnoty jsou uvedeny v tabulce (Tabulka 5, str. 48). Z 20 testovaných položek splnilo podmínku pro stanovení dobré míry korelace, tj.  $r \geq 0,8$  pouze 4 parametry a to MXE, SEN, LAM OAV. Opět je třeba podotknout, že byly záměrně ignorovány nedostatky tohoto pilotního šetření (malý počet pozorování, nestejně rozdělení dat, ...) a proto tyto hodnoty nelze považovat ze spolehlivé a přesvědčivé.

V dokumentaci dodané k SMEQ lze dohledat data o reliabilitě pouze u testu SOT, kdy udané hodnoty byly stanoveny lineární regresí. (Natus Medical Inc., 2007). Hodnoty, udávající reliabilitu byly výrobcem (bez udání designu práce) stanoveny takto: RT 0,74; MVE 0,80; MXE 0,76; EPE 0,73 a DCL 0,68.

Vzhledem ke skutečnosti, že posturální stabilitou, jak diagnostikovaných pacientů, tak jedinců s různými funkčními poruchami a nedostatky se zabývá velká skupina autorů, lze v cizojazyčných zdrojích vyhledat i studie, které se zabývají i stanovením reliability testovacího systému SMEQ. Autoři, kteří se zabývají reliabilitou a využitím SMEQ zjišťovali reliabilitu a validitu použitého testovacího systému různými způsoby.

Test-retest reliabilita, vyjádřená pomocí koeficientu „intraclass correlations coefficient“ (ICC), byla stanovena pro všech šest situací SOT na CON1 0,81; CON2 ICC 0,84; CON3 0,72; CON4 0,90; NOC 0,93 a CON6 0,87. (Tsang et al., 2004)

Jayakaran et al. (2011) testovali opakovaně některé z testovacích protokolů u osob s jednostrannou transtibiální amputací a stanovili test-retest reliabilitu ICC (intraclass correlation coefficient) pro EQL testového protokolu SOT pro jednotlivé testové podmínky CON1-6 v rozmezí 0,67–0,90. Koeficienty získané pro STRA1-6 a STRA-CMP vykazovaly podle autorů vysokou reliabilitu > 0,75. (Jayakaran et al., 2011)

Pickerill společně s Harterem (2011) také posuzovali dva systémy SMEQ a Biodex Balance System. Dospěli k závěru, že oba systémy jsou s dobrým výsledkem využitelné pro hodnocení dynamické posturální stability, přesto však upřednostňují SMEQ. Test-retest reliabilita ICC pro test LOS byla stanovena na: EPE 0,88; MVL 0,80; DC 0,69. Parametry RT a MXE vykazovaly nízkou spolehlivost. (Pickerill & Harter, 2011)

Reliabilitu LOS stanovovala také Leninger, která provedla testování opakovaně. Zde byl ICC koeficient stanovený následovně: MVL prvního měření 0,92, MVL druhého měření 0,95; DC prvního měření 0,92, DC druhého měření 0,93; MXE prvního měření 0,89; MXE druhého měření 0,94; RT prvního měření 0,62, RT druhého měření 0,88; EPE prvního měření 0,77, EPE druhého měření 0,76. (Lininger et al., 2018)

Další z výzkumů věnující se stanovení a potvrzení reliability SMEQ byl proveden u neurologických pacientů s Parkinsonovou nemocí. Test-retest byl proveden pro testové protokoly SOT, LOS a MTC. Hodnoty ICC pro SOT byly stanoveny EQL-CMP 0,90; RAT-VES 0,80; pro LOS byly stanoveny EPE 0,87; RT 0,69 a pro MTC testovací protokol LT 0,92. Dále autoři určili možné standardní chyby v měření. Pro EQL-CMP byla chyba stanovena na 4,2 %, RAT-VES 0,01, EPE 5 %, RT 0,17 s, LT 2,7 ms a AM 1 °/s. (Harro et al., 2016)

Také Leitner (2009) potvrdil spolehlivost testových baterií SOT, MTC, LOS, ADT (Leitner et al., 2009).

Test-retest reliabilita a validita SMEQ u zdravých dospělých jedinců byla některými autory zkoumaná v nejcitlivějších testech dynamické posturální stabilizace; tj. SOT, LOS a MCT. Výsledky této studie stanovují tyto ICC hodnoty: SOT EQL-CMP 0,90; RAT-VES 0,71, u MCT LA0,85, zatímco u parametru EPE v testovacím protokolu LOS 0,77. Respektive u sledované skupiny byla nalezena velká variabilita výkonu.

Nedávná studie Lininger et al. (2018) u testu LOS stanovila test-retest reliabilitu v rámci dvou měření takto: parametr RT (1. ICC = 0,62; 2. ICC = 0,88), parametr MVL (1. ICC = 0,92; 2. ICC = 0,95), parametr DCL (1. ICC = 0,92; 2. ICC = 0,93), parametr MXE (1. ICC = 0,89; 2. ICC = 0,94) a parametr EPE (1. ICC = 0,77; 2. ICC = 0,76). U testu US byl test-retest reliability stanoven takto: pravá DK ICC = 0,84 a levá DK ICC = 0,75 (Overlock, 2004).

Na základě výše podložených informací lze reliabilitu u zmiňovaných testových protokolů SMEQ a jejich vybraných parametrů, považovat za vysoce reliabilní. Bohužel se v literatuře nevyskytují informace o reliabilitě testů UNI a WBS, které jsou obecně ve studiích, popisující dynamickou posturální stabilizaci, zřídka používané. Tato skutečnost zřejmě pramení z podstaty samotných testových protokolů, kdy jejich účelem je zaznamenání rozložení váhy bipedálního stoje, případně zaznamenání reaktivních odpovědí organismu při stoji na jedné dolní končetině a to bez rušivých vlivů zevního prostředí. Právem tyto testy jsou v rámci vyšetření dynamické posturální stability v systému SMEQ brány jako doplňkové

Karimi a Solomonidis (2011) ve své práci nepotvrdili žádnou signifikantní souvztažnost mezi testováním statické a dynamické posturální stability. Na základě jejich práce je nasnadě, že statická a dynamická posturální stabilita je třeba hodnotit odděleně, tj. pro hodnocení dynamické posturální stability není vhodné vycházet s výsledků získaných z hodnocení klidného bipedálního stoje. (Karimi & Solomonidis, 2011) Sell (2012) došel ve své práci k podobným závěrům a také zdůrazňuje, že testování dynamické posturální stability, na jakémkoliv CDP, je fyzicky náročnější a složitější a proto je třeba zvážit i adekvátnost u jakékoliv zkoumané skupiny. (Karimi & Solomonidis, 2011; Sell, 2012)

**Z výše uvedeného a z popisu výsledků pilotního šetření, které jsou záměrně, z důvodu zachování běžné struktury práce meritorního cíle, uvedeny již v kapitole (3.5.5.3, str. 45) lze uvést, že třetí cíl byl rámci zpracování práce splněn. Výsledky testové statistiky prokázaly, že hodnota koeficientu reliability není u všech testovaných parametrů rovna nule, tj. nulová hypotéza  $H_{20}$  byla prokázána za nepravdivou. Alternativní hypotéza  $H_{2A}$  byla potvrzena.**

## 5.4 DISKUSE K PRAKTICKÝM VÝSTUPŮM PRÁCE

V problematice postury, posturální stability, stabilizace včetně jejího řízení se nejen v aktuální literatuře, ale i ve všeobecném vnímání této problematiky, lze setkat s mnoha terminologickými a faktickými nesrovnalostmi. Nejednotná terminologie, zvláště v zahraniční literatuře je mimo jiné uváděna u pojmů - posturální stabilita (ve významu angl. balance), která bývá často zaměňována za rovnováhu či klidný stoj. Stejně tak často bývají zaměňovány pojmy - dynamická a statická stabilita, posturografie a stabilometrie.

V rámci práce nebyly popisovány biomechanické, kineziologické i neurofyzilogické vztahy, na kterých je řízení motoriky a tedy i posturálních reakcí závislé. Ačkoliv pro pochopení takto hlubokého a širokého tématu, jako je posturální stabilita člověka, jsou tyto znalosti nezbytné, nejsou tyto informace a vztahy z nich vyplývající v práci uvedeny, neboť meritem práce bylo stanovit normované hodnoty pro skupinu mladých sportujících lidí, které mohou mít přesah do klinické praxe sportovců.

Celá práce a tedy i diskutované studie a práce autorů jsou prováděny na stejném testovacím zařízení (případně na jeho vývojových obdobách), což je naprosto záměrně voleno. Tato skutečnost však to může být v rámci zpracování práce, omezující se pouze na jediný použitý systém CDP, limitem.

Většina prací, popisující dynamickou posturální stabilitu u sportovců (Alonso et al., 2009; Brito et al., 2012; Chow et al., 2016; Cripps et al., 2018; Faraldo-García et al., 2012; Gstöttner et al., 2009; Heebner et al., 2017; Hung et al., 2019; Martin-Sanz et al., 2017; Molikova et al., 2006; Olchowik & Czwalik, 2020; Pletcher et al., 2017; Wallmann, 2004; Wrisley et al., 2007; Yuntao et al., 2017) volila jako referenční hodnoty k posouzení výsledků data, která jsou integrována do vyšetřovacího softwaru, jež jsou sestavena na nehomogenních skupinách americké populace z neurčité doby.

V roce 1997, bylo stanoveno (Americkou akademií ORL - Chirurgie hlavy a krku (AAO-HNS), že systém EquiTest byl prokázán za spolehlivou klinickou metodu pro stanovení posturální kontroly. (Monsell et al., 1997) K zaručení získávání smysluplných dat bylo zapotřebí co nejobsáhlejší databáze reflektující nejen výsledky vyšetření dle věkových kategorií, ale i výsledky zdravých jedinců či případně s diagnostikovanými chorobami. Jak již bylo popsáno, informace o demografických datech a homogenosti

testovaných souborů (pro  $n=29$ ,  $n=64$ ,  $n=74$ ,  $n=112$ ) nelze v dodané přístrojové dokumentaci pro hodnoty norm NC dohledat.

SMEQ disponuje sedmi základními testovacími protokoly jenž poskytují 20 jednotlivých parametrů CDP a normované hodnoty nebyly uvedeny pro parametr STRA, WS, LAM, RAM, SS, WBS (jejich konkrétní položky zobrazuje (Tabulka 30, str. II; Tabulka 31, str. V). U testových parametrů nejčastěji používaného protokolu LOS nebyly uvedeny normované hodnoty k jednotlivým osmi vyšetřovacím směrů (Tabulka 11, str. 64; Tabulka 13, str. 69; Tabulka 15, str. 74; Tabulka 17, str. 79; Tabulka 19, str. 84), ale pouze hodnoty pro průměrově sjednocené základní 4 směry (F – front, R – right, B – back, L – left).

V pracích zahraničních autorů, jež jsou zmíněny v předcházejících částech textu, zabývající se specifickým vlivem sportu na změnu úrovně parametrů dynamické posturální stability, strategie anebo popisem rozdílů mezi jednotlivými sporty, nebyla dodržena jednotná metodika, často nebyl použit ani vyhovující design práce a samotné porovnání výsledných dat bylo vztaženo k norm NC nebo k hodnotám kontrolní skupiny.

Nově stanovené hodnoty norm AN nabízejí možnost velmi detailního hodnocení všech parametrů SMEQ. Velkou výhodou se jeví i skutečnost, že hodnoty, tak jak jsou zpracovány lze, dle instrukcí uvedených v (Natus Medical Inc., 2007), integrovat do NeuroCom® Balance Manager® Clinical Software (modifikací dat NCOMSYS7.NRM File dostupného v C:/BCenter) a vytvořit tak novou možnost k hodnocení budoucích jedinců – sportovců přímo v rámci vyhodnocení samotného přístroje SMEQ.

Integrací norm AN do analytického software se nabízí možnost provádět další a rozsáhlejší studie na sportující populaci, zvláště ve vztahu k vhodnosti pokračování dalších výzkumů v této obalsti.

### **Limity práce**

Dle zkušeností, plynoucích z dlouhodobého laboratorního měření, vyplynula v rámci instruktáže testovaného potřeba jasných a výstižných povelů. Přestože jsou povely manuálem (Natus Medical Inc., 2016) jasně definované, je třeba mít na zřeteli, že je radno se ujistit, že testovaný chápe obsahový význam slovních povelů.

Vzhledem ke skutečnosti, že data pro sestavení normovaných hodnot byla sbírána po dobu tří let, nelze v tuto chvíli zaručit, že byla pro laboratorní měření dodržena podmínka stejného úseku dne, což pochopitelně může být další limitem práce.

V práci je vědomě zanedbáván vliv řady faktorů ovlivňující funkci CNS, včetně okamžitých a krátkodobých vlivů jako je únava, motivace, senzorická aference a nebo i hladina glykémie v krvi.

### **Doporučení**

Na základě zkušeností získaných při tvorbě disertační práce, jak při samotném laboratorním měření, tak při analýze výsledných dat lze poznamenat několik praktických doporučení pro budoucí studie využívající SMEQ.

1. Přesná a názorná instruktáž testovaných jedinců; včetně zkušebního zácvičku testovacích protokolů; tj. optimálně jeden pokus pro test SOT, LOS a MCT; optimálně 3s zácvik pro test RWS pro každý směr, jeden pokus bilaterálně pro UNI; nácvik flexe kolenních kloubů v příslušných stupních pro testovací parametr WBS a video instruktáž pro testovací protokol ADT.
2. Volba designu testování ve vztahu k posloupnosti jednotlivých testovacích protokolů; včetně dodržení podmínky, že testovací protokol LOS musí předcházet testovacímu protokolu RWS.
3. V případě opakovaných měření (bez záměrného vlivu výzkumné intervence) dodržet odstup od jednotlivých laboratorních testování minimálně 3 dny.



## 6. ZÁVĚR

Objektivní hodnocení dynamické posturální stability pomocí CDP (Computerized Dynamic Posturography) je jedním z moderních přístupů, popisující kvalitu posturálních funkcí. Přístrojové vybavení Balance Manager System SMART EquiTest firmy NeuroCom® International (SMEQ), umožňuje vyhodnotit parametry dynamické posturální stability pomocí baterie obsahující sedm testovacích protokolů.

Meritorním cílem disertační práce bylo stanovení normovaných hodnot jednotlivých parametrů všech testovacích protokolů systému SMEQ. Důvodem pro stanovení nových referenčních hodnot bylo zjištění, že hodnoty, které software SMEQ běžně pro vyhodnocení jednotlivých měření využívá, nejsou dostatečně citlivé a detailně nastavené k vyhodnocení dynamické posturální stabilizace sportující populace.

Pro stanovení normovaných hodnot jednotlivých protokolů byl v práci použit lineární smíšený model s náhodným absolutním členem, který respektuje (přítomností koeficientů ve fixní části vzorce modelu) zvyšující se náročnost, měnící se rychlost a časový sled jednotlivých posturálních úloh, jež jsou součástí procesu laboratorního měření. Model je současně upraven, aby při výpočtu normovaných hodnot byla zohledněna predikce průměru přes všechna opakování jednotlivých pokusů, které jsou dány designem samotného testovacího protokolu.

Koeficienty lze v budoucnu případně rozšířit i o další testované podmínky, tj. například specifickou skupinu sportovců danou konkrétním sportem (vysocí basketbalisté, drobné gymnastky, ...), tak aby norma mohla být případně upravena pro konkrétní populační skupinu.

Stanovené hodnoty normy jsou konstruovány jako jednostranné nebo oboustranné 95% predikční intervaly, jejichž meze by byly překročeny přibližně v 5% testovaných jedinců, kteří dosahují nežádoucích extrémních hodnot.

Výsledkem práce jsou kompletní normované hodnoty pro všechny parametry testovacího systému SMEQ, které jsou doplněny i o hodnoty parametrů, ke kterým normované hodnoty prozatím neexistovaly.

Stanovení statistického rozdílu hodnot norm AN a norm NC bylo provedeno u části parametrů, u kterých byly známy konkrétní hodnoty norm NC. Statistický rozdíl byl potvrzen u 48 z 75 testovaných parametrů. Předpokládaná rozdílnost, jež byla z větší části statisticky potvrzena (66,7% testovaných parametrů), vycházela ze skutečnosti, že byly porovnávány data zcela nehomogenních skupin, ale i z metodiky zpracováním normovaných hodnot.

Pilotním, doplňujícím šetřením byl stanoven korelační koeficient všech testovacích protokolů. Z 20 testovaných protokolů splnily podmínku dobré míry korelace; tj.  $r \geq 0,8$  pouze 4 parametry. I na tomto místě je třeba podotknout, že byly záměrně ignorovány nedostatky pilotního šetření (malý počet pozorování, nestejně rozdělení dat, ...) a proto tyto hodnoty nelze považovat ze spolehlivé a přesvědčivé

Stanovením normovaných hodnot pro sportující populaci ve věku 20-30 let s možností integrace těchto údajů do vyhodnocovacího software samotného SMEQ přístroje se nabízí široké uplatnění ve sféře výkonnostního sportu a to na národní a vzhledem k rozšíření přístrojového vybavení SMEQ v Evropě a USA i na mezinárodní úrovni.

## 7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Alonso, A. C., Greve, J. M. D. A., & Camanho, G. L. (2009). Evaluating the center of gravity of dislocations in soccer players with and without reconstruction of the anterior cruciate ligament using a balance platform. *Clinics*, *64*(3), 163–170. <https://doi.org/10.1590/s1807-59322009000300003>
2. Alvarez-Otero, R., & Perez-Fernandez, N. (2017). The limits of stability in patients with unilateral vestibulopathy. *Acta Oto-Laryngologica*, *137*(10), 1051–1056. <https://doi.org/10.1080/00016489.2017.1339326>
3. American Psychological Association. (2020). *Publication manual of the American Psychological Association* (7 th). American Psychological Association (APA). <https://apastyle.apa.org/>
4. Aras, D., Kitano, K., Phipps, A. M., Enyart, M. R., Akca, F., Koceja, D. M., & Ewert, A. W. (2018). The Comparison of Postural Balance Level between Advanced Sport Climbers and Sedentary Adults. *International Journal of Applied Exercise Physiology*, *7*(3), 1–9. <https://doi.org/10.30472/ijaep.v7i3.226>
5. Asadi, A., De Villarreal, E. S., & Arazi, H. (2015). The Effect of Plyometric Type Neuromuscular Training on Postural Control Performance of Male Team Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *29*(7), 1870–1875. <https://journals.lww.com/nsca-jscr>
6. Barnett, C. T., Vanicek, N., & Polman, R. C. J. (2013). Postural responses during volitional and perturbed dynamic balance tasks in new lower limb amputees: A longitudinal study. *Gait & Posture*, *37*(3), 319–325. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.07.023>
7. Benis, R., Bonato, M., & La Torre, A. (2016). Elite female basketball players' body-weight neuromuscular training and performance on the Y-balance test. *Journal of Athletic Training*, *51*(9), 688–695. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.12.03>
8. Binda, S. M., Culham, E. G., & Brouwer, B. (2003). Balance, muscle strength, and fear of falling in older adults. *Experimental Aging Research*, *29*(2), 205–219. <https://doi.org/10.1080/03610730303711>
9. Bizovská, L., Janura, M., Míková, M., & Svoboda, Z. (2017). *Rovnováha a možnosti jejího hodnocení*. Univerzita Palackého v Olomouci. <https://doi.org/10.5507/ftk.17.24452593>
10. Błaszczyk, J. W. (2016). The use of force-plate posturography in the assessment of postural instability. *Gait and Posture*, *44*, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.10.014>
11. Borghuis, J. (2013). *Core stability in soccer: it's a matter of control!* VestaMedia / Ipskamp Drukkers.
12. Brito, J., Fontes, I., Ribeiro, F., Raposo, A., Krstrup, P., & Rebelo, A. (2012). Postural stability decreases in elite young soccer players after a competitive soccer match. *Physical Therapy in Sport*, *13*(3), 175–179. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2011.07.004>
13. Bruijn, S. M., Meijer, O. G., Beek, P. J., & Van Dieen, J. H. (2013). Assessing the stability of human locomotion: A review of current measures. *Journal of the Royal Society Interface*, *10*(83). <https://doi.org/10.1098/rsif.2012.0999>
14. Cameron, N. H., Monroee, L. (2007). *Physical Rehabilitation; E-Book: Evidence-Based Examination, Evaluation and Intervention*. Saunders Elsevier.
15. Can, S., Kilit, B., Arslan, E., & Suveren, S. (2014). The Comparison of Reaction Time of Male Tennis Players, Table Tennis Players and the Ones Who Don'T Exercise. *Journal of Physical Education & Sports Science*, *8*(2), 195–201. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=99572452&site=ehost-live>
16. Capodaglio, P., Cimolin, V., Tacchini, E., Parisio, C., & Galli, M. (2012). Balance Control and Balance Recovery in Obesity. *Current Obesity Reports*, *1*(3), 166–173. <https://doi.org/10.1007/s13679-012-0018-7>
17. Chaudhry, H., Bukiet, B., Ji, Z., & Findley, T. (2011). Measurement of balance in computer posturography: Comparison of methods—A brief review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, *15*(1), 82–91. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2008.03.003>
18. Chow, G. C. C., Fong, S. S. M., Chung, J. W. Y., Chung, L. M. Y., Ma, A. W. W., & Macfarlane, D. J. (2016). Determinants of sport-specific postural control strategy and balance performance of amateur rugby players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *19*(11), 946–950. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.02.016>
19. Clark, S., & Rose, D. J. (2001). Evaluation of dynamic balance among community-dwelling older adult fallers: A generalizability study of the limits of stability test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *82*(4), 468–474. <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.21859>

20. Concordia University, & Natus Medical Inc. (2015). *NeuroCom® SMART EquiTest® CDP - Operating Document*.
21. Cripps, A., Livingston, S., Jiang, Y., Mattacola, C., Kitzman, P., McKeon, P., Dressler, E., & Quintana, C. (2018). Visual perturbation impacts upright postural stability in athletes with an acute concussion. *Brain Injury*, 32(12), 1566–1575. <https://doi.org/10.1080/02699052.2018.1497812>
22. Cug, M., Wikstrom, E. A., Golshaei, B., & Kirazci, S. (2016). The effects of sex, limb dominance, and soccer participation on knee proprioception and dynamic postural control. *Journal of Sport Rehabilitation*, 25(1), 31–39. <https://doi.org/10.1123/jsr.2014-0250>
23. Curtolo, M., Tucci, H. T., Souza, T. P., Gonçalves, G. A., Lucato, A. C., & Yi, L. C. (2017). Balance and postural control in basketball players. *Fisioterapia em Movimento*, 30(2), 319–328. <https://doi.org/10.1590/1980-5918.030.002.ao12>
24. Dallinga, J. M., van der Does, H. T. D., Benjaminse, A., & Lemmink, K. A. P. M. (2016). Dynamic postural stability differences between male and female players with and without ankle sprain. *Physical Therapy in Sport*, 17, 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2015.05.002>
25. De Araújo, P. P., De Moura Filho, O. F., Valenti, V. E., Gallo, S., Camargo, M. R., Say, K. G., Marcomini, R. S., de Oliveira, G., Monteiro, C. B., Wajnsztein, R., & De Abreu, L. (2014). Stabilometric parameters analysis in children with visual disorder. *International Archives of Medicine*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1755-7682-7-1>
26. Douglas, A., & Comstock Innovative, S. (2009). NASA - SPINOFF Innovative Partnership Programm 2009. *Apollo The International Magazine Of Art And Antiques*, <https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2009/pdf/spinoff20>.
27. Doyle, R. J., Hsiao-Wecksler, E. T., Ragan, B. G., & Rosengren, K. S. (2007). Generalizability of center of pressure measures of quiet standing. *Gait and Posture*, 25(2), 166–171. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.03.004>
28. Elly, C. H. M. K., Urnett, a N. F. B., & Ewton, M. I. J. N. (2010). Effect of Core Stability Training on Throwing Velocity in Female Handball Players. *Strength And Conditioning*, 25(9), 396–403. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3182a7f449>
29. Enoka, R. M. (2008). *Neuromechanics of human movement* (4. vyd.). Human Kinetics Publishers Inc.
30. Faraldo-García, A., Santos-Pérez, S., Crujeiras, R., Labella-Caballero, T., & Soto-Varela, A. (2012). Comparative study of computerized dynamic posturography and the SwayStar system in healthy subjects. *Acta Oto-Laryngologica*, 132(3), 271–276. <https://doi.org/10.3109/00016489.2011.637177>
31. Faraldo García, A., Soto Varela, A., & Santos Pérez, S. (2015). Is It Possible to Shorten Examination Time in Posture Control Studies? *Acta Otorrinolaringologica (English Edition)*, 66(3), 154–158. <https://doi.org/10.1016/j.otoeng.2015.05.002>
32. Farlie, M. K., Robins, L., Keating, J. L., Molloy, E., & Haines, T. P. (2013). Intensity of challenge to the balance system is not reported in the prescription of balance exercises in randomised trials: A systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 59(4), 227–235. [https://doi.org/10.1016/S1836-9553\(13\)70199-1](https://doi.org/10.1016/S1836-9553(13)70199-1)
33. Ferber-Viart, C., Ionescu, E., Morlet, T., Froehlich, P., & Dubreuil, C. (2007). Balance in healthy individuals assessed with Equitest: Maturation and normative data for children and young adults. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 71(7), 1041–1046. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2007.03.012>
34. Fransz, D. P., Huurnink, A., de Boode, V. A., Kingma, I., & van Dieën, J. H. (2016). The effect of the stability threshold on time to stabilization and its reliability following a single leg drop jump landing. *Journal of Biomechanics*, 49(3), 496–501. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2015.12.048>
35. Gautier, G., Thouwarecq, R., & Vuillerme, N. (2008). Postural control and perceptive configuration: Influence of expertise in gymnastics. *Gait and Posture*, 28(1), 46–51. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2007.09.007>
36. Gioftsidou, A., Malliou, P., Pafis, G., Beneka, A., Godolias, G., & Maganaris, C. N. (2006). The effects of soccer training and timing of balance training on balance ability. *European Journal of Applied Physiology*, 96(6), 659–664. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-0123-3>
37. Gonzalo-Skok, O., Serna, J., Rhea, M. R., & Marín, P. J. (2015). Relationship Between Functional Movement Tests and Performance Tests in Youg Elite Male Basketball Players. *The International Journal of Sports Physical Therapy* |, 10(5), 629.
38. Goodworth, A. D., Mellodge, P., & Peterka, R. J. (2014). Stance width changes how sensory feedback is used for multisegmental balance control. *Journal of Neurophysiology*, 112(3), 525–542.

- <https://doi.org/10.1152/jn.00490.2013>
39. Goodworth, A. D., & Peterka, R. J. (2012). Sensorimotor integration for multisegmental frontal plane balance control in humans. *Journal of Neurophysiology*, *107*(1), 12–28. <https://doi.org/10.1152/jn.00670.2010>
  40. Gow, B. J., Peng, C. K., Wayne, P. M., & Ahn, A. C. (2015). Multiscale entropy analysis of center-of-pressure dynamics in human postural control: Methodological considerations. *Entropy*, *17*(12), 7926–7947. <https://doi.org/10.3390/e17127849>
  41. Gstöttner, M., Neher, A., Scholtz, A., Millonig, M., Lembert, S., & Raschner, C. (2009). Balance ability and muscle response of the preferred and nonpreferred leg in soccer players. *Motor Control*, *13*(2), 218–231. <https://doi.org/10.1123/mcj.13.2.218>
  42. Guedes, P. F., & João, S. M. A. (2014). Postural characterization of adolescent federation basketball players. *Journal of Physical Activity and Health*, *11*(7), 1401–1407. <https://doi.org/10.1123/jpah.2012-0489>
  43. Hakim, R. M., Davies, L., Jaworski, K., Tufano, N., & Unterstein, A. (2012). A computerized dynamic posturography (CDP) program to reduce fall risk in a community dwelling older adult with chronic stroke: A case report. *Physiotherapy Theory and Practice*, *28*(3), 169–177. <https://doi.org/10.3109/09593985.2011.577887>
  44. Hamacher, D., Singh, N. B., Van Dieën, J. H., Heller, M. O., & Taylor, W. R. (2011). Kinematic measures for assessing gait stability in elderly individuals: A systematic review. *Journal of the Royal Society Interface*, *8*(65), 1682–1698. <https://doi.org/10.1098/rsif.2011.0416>
  45. Harro, C. C., Marquis, A., Piper, N., & Burdis, C. (2016). *Reliability and Validity of Force Platform Measures of Balance*. *96*(12), 1955–1964.
  46. Hasalová, Z. (2017). *Posturální strategie hráčů volejbalu a jejich schopnost dynamické stabilizace (Diplomová práce)*. Praha. FTVS UK.
  47. Hatch, J., Gill-Body, K. M., & Portney, L. G. (2003). Determinants of Balance Confidence in Community-Dwelling Elderly People. *Physical Therapy*, *83*(12), 1072–1079. <https://doi.org/10.1093/ptj/83.12.1072>
  48. Heebner, N. R., Abt, J. P., Lovalekar, M., Beals, K., Sell, T. C., Morgan, J., Kane, S., & Lephart, S. (2017). Physical and performance characteristics related to unintentional musculoskeletal injury in special forces operators: A prospective analysis. *Journal of Athletic Training*, *52*(12), 1153–1160. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.12.22>
  49. Heleno, L. R., da Silva, R. A., Shigaki, L., Araújo, C. G. A., Coelho Candido, C. R., Okazaki, V. H. A., Frisseli, A., & Macedo, C. de S. G. (2016). Five-week sensory motor training program improves functional performance and postural control in young male soccer players – A blind randomized clinical trial. *Physical Therapy in Sport*, *22*, 74–80. <https://doi.org/10.1016/j.pts.2016.05.004>
  50. Hlaváčková, A. (2017). *Využití virtuální reality ke zhodnocení dynamické posturální stability u hráčů beachvolejbalu (Diplomová práce)*. Praha. FTVS UK.
  51. Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing*, *35*(2), ii7–ii11. <https://doi.org/10.1093/ageing/af1077>
  52. Horak, F. B., Nashner, L. M., & Diener, H. C. (1990). Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. *Experimental Brain Research*, *82*(1). <https://doi.org/10.1007/BF00230848>
  53. Horak, F. B., Wrisley, D. M., & Frank, J. (2009). The Balance Evaluation Systems Test (BESTest) to Differentiate Balance Deficits. *Physical Therapy Volume*, *89*(5), 484–498.
  54. Horák, S., Sovová, E., Pastucha, D., Konečný, P., Radová, L., Calabová, N., Janoutová, J., & Janout, V. (2017). Comprehensive group therapy of obesity and its impact on selected anthropometric and postural parameters. *Central European Journal of Public Health*, *25*(4), 326–331. <https://doi.org/10.21101/cejph.a4780>
  55. Huang, M., Yick, K., Ng, S., Yip, J., & Cheung, R. T. (2020). The effect of support surface and footwear condition on postural sway and lower limb muscle action of the older women. *PLoS ONE*, *15*(6), e0234140. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234140>
  56. Huang, P. Y., Chen, W. L., Lin, C. F., & Lee, H. J. (2014). Lower extremity biomechanics in athletes with ankle instability after a 6-week integrated training program. *Journal of Athletic Training*, *49*(2), 163–172. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.2.10>
  57. Hung, K. C., Chung, H. W., Yu, C. C. W., Lai, H. C., & Sun, F. H. (2019). Effects of 8-week core training on core endurance and running economy. *PLoS ONE*, *14*(3), 1–12.

- <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213158>
58. Jadcak, Ł., Grygorowicz, M., Wieczorek, A., & Śliwowski, R. (2019). Analysis of static balance performance and dynamic postural priority according to playing position in elite soccer players. *Gait and Posture*, *74*, 148–153. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.09.008>
  59. Jakobsen, M. D., Sundstrup, E., Krstrup, P., & Aagaard, P. (2011). The effect of recreational soccer training and running on postural balance in untrained men. *European Journal of Applied Physiology*, *111*(3), 521–530. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1669-2>
  60. Jayakaran, P., Johnson, G. M., & Sullivan, S. J. (2011). Test-Retest Reliability of the Sensory Organization Test in Older Persons With a Transtibial Amputation. *PM&R*, *3*(8), 723–729. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2011.01.005>
  61. Jbabdi, M., Boissy, P., & Hamel, M. (2008). Assessing control of postural stability in community-living older adults using performance-based limits of stability. *BMC Geriatrics*, *8*, 1–10. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-8-8>
  62. Juras, G., & Wit, A. (2016). Bridging motor control and biomechanics. *Journal of Human Kinetics*, *52*(1), 5–6. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0189>
  63. Kallistratos, E. K., Afis, G. P., Atsikis, C. K., & Ouvis, S. D. (2010). Young tennis players and balance performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(2), 389–393.
  64. Kania, R. (2017). *Hodnocení posturální stability u jedinců provozujících úpolový a bezkontaktní sport (Diplomová práce)*. Praha. FTVS UK.
  65. Karimi, M. T., & Solomonidis, S. (2011). The relationship between parameters of static and dynamic stability tests. *Journal of research in medical sciences : the official journal of Isfahan University of Medical Sciences*, *16*(4), 530–535. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22091270>
  66. Karšayová, K. (2019). *Hodnocení dynamické posturální stability u lezců (Diplomová práce)*. Praha. FTVS UK.
  67. Karšayová, K., Pavlů, D., & Vomáčková, H. (2020). Comparison of the Level of Dynamic Postural Stability of Climbers and the Recreational Sports Performing population. *International Journal of Applied Exercise Physiology*, *9*(8).
  68. Kashikar, Y., & Nagarkar, A. (2012). Prevalence and Determinants of Frailty in Older Adults in India. *Indian Journal of Gerontology*, *9*(3), 365–382.
  69. Kolář, P. (2009). *Rehabilitace v klinické praxi* (1. vyd.). Galén.
  70. Ku, P. X., Abu Osman, N. A., & Wan Abas, W. A. B. (2016). The limits of stability and muscle activity in middle-aged adults during static and dynamic stance. *Journal of Biomechanics*, *49*(16), 3943–3948. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2016.11.006>
  71. Kučera, L. (2020). *Hodnocení dynamické posturální stability u hráčů fotbalu (Diplomová práce)*. Praha. FTVS UK.
  72. Kunugi, S., Masunari, A., Yoshida, N., & Miyakawa, S. (2018). Association between Cumberland Ankle Instability Tool score and postural stability in collegiate soccer players with and without functional ankle instability. *Physical Therapy in Sport*, *32*, 29–33. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.03.002>
  73. Laird, N. M., & Ware, J. H. (1982). Random-Effects Models for Longitudinal Data. *Biometrics*, *38*(4), 963–974.
  74. Latash, M. (2008). *Neurophysiological basis of movement*. Human Kinetics Publishers Inc.
  75. Ledin, T., Fransson, P. A., & Magnusson, M. (2004). Effects of postural disturbances with fatigued triceps surae muscles or with 20% additional body weight. *Gait & Posture*, *19*(2), 184–193. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(03\)00061-4](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(03)00061-4)
  76. Legrand, A., Bui-Quoc, E., Doré-Mazars, K., Lemoine, C., Gérard, C.-L., & Bucci, M. P. (2012). Effect of a Dual Task on Postural Control in Dyslexic Children. *PLoS ONE*, *7*(4), e35301. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035301>
  77. Leitner, C., Mair, P., Paul, B., Wick, F., Mittermaier, C., Sycha, T., & Ebenbichler, G. (2009). Reliability of posturographic measurements in the assessment of impaired sensorimotor function in chronic low back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *19*(3), 380–390. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.09.007>
  78. Liang, Y., Hiley, M., & Kanosue, K. (2019). The effect of contact sport expertise on postural control. *PLoS ONE*, *14*(2), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212334>
  79. Liaw, M. Y., Chen, C. L., Pei, Y. C., Leong, C. P., & Lau, Y. C. (2009). Comparison of the static and dynamic balance performance in young, middle-aged, and elderly healthy people. *Chang Gung Medical Journal*, *32*(3), 297–304.
  80. Lininger, M. R., Leahy, T. E., Haug, E. C., & Bowman, T. G. (2018). Test-Retest Reliability of the Limits

- of Stability Test Performed By Young Adults Using Neurocom® Vsr Sport. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 13(5), 800–807. <https://doi.org/10.26603/ijsp20180800>
81. Lohkamp, M., Craven, S., Walker-Johnson, C., & Greig, M. (2009). The Influence of Ankle Taping on Changes in Postural Stability During Soccer-Specific Activity. *Journal of Sport Rehabilitation*, 18, 1–11.
  82. Manchado, C., García-Ruiz, J., Cortell-Tormo, J. M., & Tortosa-Martínez, J. (2017). Effect of Core Training on Male Handball Players' Throwing Velocity. *Journal of Human Kinetics*, 56(1), 177–185. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0035>
  83. Martín-Sanz, E., Ortega Crespo, I., Esteban-Sánchez, J., & Sanz, R. (2017). Postural stability in a population of dancers, healthy non-dancers, and vestibular neuritis patients. *Acta Oto-Laryngologica*, 137(9), 952–956. <https://doi.org/10.1080/00016489.2017.1322711>
  84. Maurer, C., Mergner, T., Bolha, B., & Hlavacka, F. (2000). Vestibular, visual, and somatosensory contributions to human control of upright stance. *Neuroscience Letters*, 281(2–3), 99–102. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(00\)00814-4](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(00)00814-4)
  85. Mccartney, K. N., & Forsyth, J. (2017). The efficacy of core stability assessment as a determiner of performance in dynamic balance and agility tests. *Journal of Human Sport and Exercise*, 12(3), 640–650. <https://doi.org/10.14198/jhse.2017.123.08>
  86. Měkota, K., & Blahuš, P. (1983). *Motorické testy v tělesné výchově* (1. vyd.). Státní pedagogické nakladatelství.
  87. Molikova, R., Bezdickova, M., Langova, K., Holibka, V., David, O., Michalikova, Z., & Rehorova, J. (2006). The Relationship Between Morphological Indicators of Human Body and Posture. *Biomed Pap Med*, 150(2), 261–265.
  88. Monsell, E. M., Furman, J. M., Herdman, S. J., Konrad, H. R., & Shepard, N. T. (1997). Computerized Dynamic Platform Posturography. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, 117(4), 394–398. [https://doi.org/10.1016/S0194-5998\(97\)70132-3](https://doi.org/10.1016/S0194-5998(97)70132-3)
  89. Národní rada osob se zdravotním postižením ČR. (2001). *Mezinárodní klasifikace funkčních schopností, disability a zdraví* (1. vyd.). MFK.
  90. Nashner, L. M., & McCollum, G. (1985). The organization of human postural movements: A formal basis and experimental synthesis. *Behavioral and Brain Sciences*, 8(1), 135–150. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00020008>
  91. Natus Medical Inc. (2007). *Balance Manager® Systems - Clinical Operations Guide - Appendix*. [www.natus.com](http://www.natus.com)
  92. Natus Medical Inc. (2008). *Balance Manager® Systems - Clinical Operations Guide*. [www.onbalance.com](http://www.onbalance.com)
  93. Natus Medical Inc. (2013). *Balance Manager® Systems - Clinical Interpretation Guide for Dynamic System*. [www.natus.com](http://www.natus.com)
  94. Natus Medical Inc. (2014a). *Balance Manager® Systems - Clinical Operations Guide*. [www.resourcesonbalance.com](http://www.resourcesonbalance.com)
  95. Natus Medical Inc. (2014b). *Balance Manager® Systems - Service Manual IIA for Dynamic System*. [www.resourcesonbalance.com](http://www.resourcesonbalance.com)
  96. Natus Medical Inc. (2016). *Balance Manager® Systems - Instructions for Use*. [www.resourcesonbalance.com](http://www.resourcesonbalance.com)
  97. Notarnicola, A., Maccagnano, G., Tafuri, S., Pesce, V., Digiglio, D., & Moretti, B. (2015). Effects of training on postural stability in young basketball players. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 5(4), 310–315.
  98. Olchowik, G., & Czwalik, A. (2020). Effects of soccer training on body balance in young female athletes assessed using computerized dynamic posturography. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/app10031003>
  99. Olchowik, G., Tomaszewski, M., Olejarz, P., Warchoń, J., Różańska-Boczula, M., & Maciejewski, R. (2015). The human balance system and gender. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 17(1), 69–74. <https://doi.org/10.5277/ABB-00002-2014-05>
  100. Paillard, T. (2012). Effects of general and local fatigue on postural control: A review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(1), 162–176. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.05.009>
  101. Paillard, T., & Noé, F. (2006). Effect of expertise and visual contribution on postural control in soccer. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 16(5), 345–348. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2005.00502.x>
  102. Pang, M. Y. C., Lam, F. M., Wong, G. H., Au, I. H., & Chow, D. L. (2011). *Balance Performance in Head-*

- Shake Computerized Dynamic Posturography: Aging Effects and Test-Retest Reliability.*
103. Pau, M., Arippa, F., Leban, B., Corona, F., Ibba, G., Todde, F., & Scorcu, M. (2015). Relationship between static and dynamic balance abilities in Italian professional and youth league soccer players. *Physical Therapy in Sport*, 16(3), 236–241. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2014.12.003>
  104. Pešková, M. (2020). *Hodnocení schopnosti dynamické stabilizace a posturální strategie házenkářek České republiky (Diplomová práce)*. Praha. FTVS UK.
  105. Peterka, R. J., & Loughlin, P. J. (2004). Dynamic Regulation of Sensorimotor Integration in Human Postural Control. *Journal of Neurophysiology*, 91(1), 410–423. <https://doi.org/10.1152/jn.00516.2003>
  106. Pickerill, M. L., & Harter, R. A. (2011). Validity and reliability of limits-of-stability testing: A comparison of 2 postural stability evaluation devices. *Journal of Athletic Training*, 46(6), 600–606. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-46.6.600>
  107. Pillinger, R. (2014). *Random Intercept Models*. Universty of Bristol. <http://www.bristol.ac.uk/cmm/learning/videos/random-intercepts.html>
  108. Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D., & R\_Core\_Team. (2019). *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models* (R package version 3.1-140). <https://cran.r-project.org/package=nlme>
  109. Pinsault, N., & Vuillerme, N. (2009). Test-retest reliability of centre of foot pressure measures to assess postural control during unperturbed stance. *Medical Engineering and Physics*, 31(2), 276–286. <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2008.08.003>
  110. Pletcher, E. R., Williams, V., Abt, J. P., Morgan, P. M., Parr, J. J., Wohleber, M. F., Lovalekar, M., & Sell, T. C. (2017). Normative data for the neurocom sensory organization test in us military special operations forces. *Journal of Athletic Training*, 52(2), 129–136. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.1.05>
  111. Proske, U., & Gandevia, S. C. (2009). The kinaesthetic senses. *The Journal of Physiology*, 587(17), 4139–4146. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.175372>
  112. Proske, U., & Gandevia, S. C. (2012). The Proprioceptive Senses: Their Roles in Signaling Body Shape, Body Position and Movement, and Muscle Force. *Physiological Reviews*, 92(4), 1651–1697. <https://doi.org/10.1152/physrev.00048.2011>
  113. R\_Core\_Team. (2019). *R: A language and environment for statistical computing* (3.6.1). Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
  114. Raiola, G. (2017). Motor learning and teaching method. *Journal of Physical Education and Sport*, 17(5), 2239–2243. <https://doi.org/10.7752/jpes.2017.s5236>
  115. Rein, S., Fabian, T., Weindel, S., Schneiders, W., & Zwipp, H. (2011). The influence of playing level on functional ankle stability in soccer players. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 131(8), 1043–1052. <https://doi.org/10.1007/s00402-011-1275-8>
  116. Ricci, N. A., de Faria Figueiredo Gonçalves, D., Coimbra, A. M. V., & Coimbra, I. B. (2009). Sensory interaction on static balance: A comparison concerning the history of falls of community-dwelling elderly. *Geriatrics & Gerontology International*, 9(2), 165–171. <https://doi.org/10.1111/j.1447-0594.2009.00516.x>
  117. Ricotti, L. (2011). Static and dynamic balance in young athletes. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(4), 616–628. <https://doi.org/10.4100/jhse.2011.64.05>
  118. Rinaldi, N. M., Polastri, P. F., & Barela, J. A. (2009). Age-related changes in postural control sensory reweighting. *Neuroscience Letters*, 467(3), 225–229. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.10.042>
  119. Roerdink, M., Hlavackova, P., & Vuillerme, N. (2011). Center-of-pressure regularity as a marker for attentional investment in postural control: A comparison between sitting and standing postures. *Human Movement Science*, 30(2), 203–212. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2010.04.005>
  120. Ruhe, A., Fejer, R., & Walker, B. (2010). The test-retest reliability of centre of pressure measures in bipedal static task conditions - A systematic review of the literature. *Gait and Posture*, 32(4), 436–445. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.09.012>
  121. Russo, L., D'Eramo, U., Padulo, J., Foti, C., Schiffer, R., & Scoppa, F. (2015). Day-time effect on postural stability in young sportsmen. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 5(1), 38–42. <https://doi.org/10.32098/mltj.01.2015.08>
  122. Šalbabová, A. (2019). *Vliv akrobatických sportů na dynamickou posturální stabilitu (Diplomová práce)*. Praha. FTVS UK.
  123. Sanchis-Moysi, J., Idoate, F., Izquierdo, M., Calbet, J. A. L., & Dorado, C. (2011). Iliopsoas and gluteal muscles are asymmetric in tennis players but not in soccer players. *PLoS ONE*, 6(7), 6–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022858>



124. Santos, L., Fernandez, J., & Fernandez-Rio, F. (2016). Effect of Slackline Training on Postural Control, Jump Performance and Myoelectrical Activity in Female Basketball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(3), 653–664. <https://journals.lww.com/nsca-jscr>
125. Schmid, M., Casabianca, L., Bottaro, A., & Schieppati, M. (2008). Graded changes in balancing behavior as a function of visual acuity. *Neuroscience*, 153(4), 1079–1091. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2008.03.024>
126. Schmidt, R. A., Lee, T. D., Winstein, C., Wulf, G., & Zelaznik, H. N. (2019). *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis* (6th vyd.). Human Kinetics Publishers Inc.
127. Scoppa, F., Capra, R., Gallamini, M., & Shiffer, R. (2013). Clinical stabilometry standardization. *Gait & Posture*, 37(2), 290–292. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.07.009>
128. Sell, T. C. (2012). An examination, correlation, and comparison of static and dynamic measures of postural stability in healthy, physically active adults. *Physical Therapy in Sport*, 13(2), 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2011.06.006>
129. Sell, T. C., Lovalekar, M. T., Nagai, T., Wirt, M. D., Abt, J. P., & Lephart, S. M. (2018). Gender Differences in Static and Dynamic Postural Stability of Soldiers in the Army's 101st Airborne Division (Air Assault). *Journal of Sport Rehabilitation*, 27(2), 126–131. <https://doi.org/10.1123/jsr.2016-0131>
130. Sherrington, C. S. (1931). Quantitative Management of Contraction in Low Level Coordination. *Brain*, 54(1), 1–28. <https://doi.org/10.1093/brain/54.1.1>
131. Shlamkovitch, N., Eviatar, E., & Gavriel, H. (2017). Computerized dynamic posturography for evaluating dizziness in patients with scarred orbital content. *Ear, Nose and Throat Journal*, 96(8), E10. <https://doi.org/10.1177/014556131709600803>
132. Shumway-Cook, A., Woollacott, M. H. (2011). *Motor Control: Translating Research Into Clinical Practice* (4. vyd.). Lippincott Williams & Wilkins.
133. Shumway-Cook, A., & Horak, F. B. (1986). Assessing the Influence of Sensory Interaction on Balance. *Physical Therapy*, 66(10), 1548–1550. <https://doi.org/10.1093/ptj/66.10.1548>
134. Soukup, P. (2010). Nesprávná užívání statistické významnosti a jejich možná řešení. *Data a výzkum - SDA Info (Data and Research - SDA Info)*, 4(2), 77–104.
135. Steindl, R., Kunz, K., Schrott-Fischer, A., & Scholtz, A. (2006). Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 48(06), 477. <https://doi.org/10.1017/S0012162206001022>
136. Tjernström, F., Fransson, P. A., Patel, M., & Magnusson, M. (2010). Postural control and adaptation are influenced by preceding postural challenges. *Experimental Brain Research*, 202(3), 613–621. <https://doi.org/10.1007/s00221-010-2166-x>
137. Trojan, S.; Druga, R.; Pfeiffer, J. (1991). *Centrální mechanismy řízení motoriky: Teorie, poruchy a léčebná rehabilitace* (2. vyd.). Avicenum.
138. Trueblood, P. R., Rivera, M., Lopez, C., Bentley, C., & Wubenhurst, N. (2018). Age-based normative data for a computerized dynamic posturography system that uses a virtual visual surround environment. *Acta Oto-Laryngologica*, 138(7), 597–602. <https://doi.org/10.1080/00016489.2018.1429653>
139. Tsang, W. W., Wong, V. S., Fu, S. N., & Hui-chan, C. W. (2004). *Tai Chi Improves Standing Balance Control Under Reduced or Conflicting Sensory Conditions*. 85(1). <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.02.002>
140. Tsang, W. W., Wong, V. S., Fu, S. N., Hui-chan, C. W., Harro, C. C., Marquis, A., Piper, N., Burdis, C., Garascia, C., Wrisley, D. M., Stephens, M. J., Mosley, S., Wojnowski, A., Jayakaran, P., Johnson, G. M., & Sullivan, S. J. (2011). Test-Retest Reliability of the Sensory Organization Test in Older Persons With a Transtibial Amputation. *PM&R*, 3(8), 723–729. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2011.01.005>
141. Tyson, S. F., & Connell, L. A. (2009). How to measure balance in clinical practice. A systematic review of the psychometrics and clinical utility of measures of balance activity for neurological conditions. *Clinical Rehabilitation*, 23(9), 824–840. <https://doi.org/10.1177/0269215509335018>
142. Váchová, G. (2020). *Hodnocení dynamické posturální stability tenistů (Dipolomová práce)*. Praha. FTVS UK.
143. Vanicek, N., King, S. A., Gohil, R., Chetter, I. C., & Coughlin, P. A. (2013). Computerized dynamic posturography for postural control assessment in patients with intermittent claudication. *Journal of visualized experiments : JoVE*, 82. <https://doi.org/10.3791/51077>
144. Vařeka, I., Vařeková, R. (2009). *Kineziologie nohy* (1. vyd.). Univerzita Palackého v Olomouci.
145. Vařeka, I. (2002a). Posturální stabilita (I. část): Terminologie a biomechanické principy. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 9(4), 115–121.

146. Vařeka, I. (2002b). Posturální stabilita (II. část): Řízení, zajištění, vývoj, vyšetření. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 9(4), 122–129.
147. Véle, F. (1995). *Kineziologie posturálního systému* (1. vyd.). Karolinum.
148. Véle, F. (1997). *Kineziologie pro klinickou praxi* (1. vyd.). Grada.
149. Véle, F. (2006). *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy* (2. vyd.). Triton.
150. Véle, F. (2012). *Vyšetření hybných funkcí z pohledu neurofyzologie* (1. vyd.). Triton.
151. Vomáčková, H., Čermáková, K., Pavlů, D., & Pánek, D. (2020). Hodnocení efektu 5-ti týdenní intervence s využitím vizuálního biofeedbacku u pacienta s unilaterální transfemorální amputací dolní končetiny - případová studie. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 27(3).
152. Vomáčková, H., Pavlů, D., & Pánek, D. (2020). Hodnocení dynamické posturální stability – tvorba referenčních hodnot pro běžnou, mladou populaci v ČR. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*, 27(2), 3–8.
153. Vrubelová, L. (2019). *Vztahy mezi motorickými testy a parametry dynamické posturální stability (Diplomová práce)*. Praha. FTVS UK.
154. Vuillerme, N., Pinsault, N., & Vaillant, J. (2005). Postural control during quiet standing following cervical muscular fatigue: effects of changes in sensory inputs. *Neuroscience Letters*, 378(3), 135–139. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2004.12.024>
155. Wallmann, H. W. (2004). Analysis of postural stability in collegiate soccer players before and after an acute bout of heading multiple soccer balls. Effect of a Community Service Project on the Development of Professionalism in Student Physical Therapists View project Sports Specialty Revalidation View project. In *Article in Sports Biomechanics*. <https://www.researchgate.net/publication/8173868>
156. Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*, 3(4), 193–214. [https://doi.org/10.1016/0966-6362\(96\)82849-9](https://doi.org/10.1016/0966-6362(96)82849-9)
157. Winter, D. A. (2009). *Biomechanics and motor control of human movement*. Wiley.
158. Winter, D. A., Patla, A. E., & Frank, J. S. (1990). Assessment of balance control in humans. *Medical Progress through Technology*, 16(1–2), 31–51.
159. Wrisley, D. M., Stephens, M. J., Mosley, S., & Wojnowski, A. (2007). *Learning Effects of Repetitive Administrations of the Sensory Organization Test in Healthy Young Adults*. 1049–1054. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.05.003>
160. Yamada, R. K. F., Arliani, G. G., Almeida, G. P. L., Venturine, A. M., dos Santos, C. V., Astur, D. C., & Cohen, M. (2012). The effects of one-half of a soccer match on the postural stability and functional capacity of the lower limbs in young soccer players. *Clinics*, 67(12), 1361–1364. [https://doi.org/10.6061/clinics/2012\(12\)03](https://doi.org/10.6061/clinics/2012(12)03)
161. Yelnik, A., & Bonan, I. (2008). Clinical tools for assessing balance disorders. *Neurophysiologie Clinique*, 38(6), 439–445. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2008.09.008>
162. Yuntao, Z., Kondo, I., Mukaino, M., Tanabe, S., Teranishi, T., Li, T., Oono, K., Koyama, S., Kanada, Y., & Saitoh, E. (2017). Reliability and validity of a force-instrumented treadmill for evaluating balance: A preliminary study of feasibility in healthy young adults. *Hong Kong Physiotherapy Journal*, 36, 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.hkjpj.2016.12.001>
163. Zámečník, M. (2018). *Vyhodnocení dynamické posturální stability u extraligových hráčů českého rugby (Diplomová práce)*. Praha. FTVS UK.
164. Živcová, T. (2020). *Hodnocení dynamické posturální stability u hráčů basketbalu (Diplomová práce)*. Praha. FTVS UK.
165. Zvára, K. (2000). *Biostatistika* (2. vyd.). Karolinum.
166. Zvárová, J. (2016). *Biomedicínská statistika I* (3. vyd.). Karolinum.

## **8. PŘÍLOHY**

8.1. SEZNAM OBRÁZKŮ

8.2. SEZNAM TABULEK

8.3. SEZNAM GRAFŮ

8.4. SEZNAM ROVNIC

## 8.1 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: NeuroCom SMART EquiTest (SMEQ) – přístrojové vybavení (upraveno z: Vomáčková a kol., 2020) .....	19
Obrázek 2: SOT – ilustrační obrázek testu (Concordia University, 2015) .....	21
Obrázek 3: ADT – ilustrační obrázek testu (Concordia University, 2015) .....	26
Obrázek 4: MCT – ilustrační obrázek testu (Concordia University, 2015) .....	28
Obrázek 5: SMEQ, pozice nastavení plosek nohou (Concordia University, 2015).....	31
Obrázek 6: SOT - Equilibrium Score; grafické znázornění výsledných hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let nahoře, norma NC (n=112), 20-59 let dole.....	54
Obrázek 7: SOT - Strategy Analysis; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let .....	56
Obrázek 8: SOT – Sensory Analysis; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let nahoře a norma NC (n=112), 20-59 let dole.....	59
Obrázek 9: LOS – Reaction Time; grafické znázornění výsledných normativních hodnot – směr F, B, R a L; norma AN (n=245), 20-30 let nahoře a norma NC (n=112), 20-59 let dole .....	63
Obrázek 10: LOS – Reaction Time; grafické znázornění výsledných normativních hodnot – směr 1F, 2RF, 3R,RB, 5B, 6LB, 7L, 8LF a CMP; norma AN (n=245), 20-30 let.....	65
Obrázek 11: LOS – Movement Velocity; grafické znázornění výsledných normativních hodnot – směr F, B, R a L; norma (n=245), 20-30 let .....	68
Obrázek 12: LOS – Movement Velocity; grafické znázornění výsledných normativních hodnot - směr 1F, 2RF, 3R,RB, 5B, 6LB, 7L, 8LF; norma AN (n=245), 20-30 let.....	70
Obrázek 13: LOS – Directional Control; grafické znázornění výsledných normativních hodnot – směr F, B, L a R; norma AN (n=245), 20-30 let.....	73
Obrázek 14: LOS – Directional Control; grafické znázornění výsledných normativních hodnot – směr 1F, 2RF, 3R, 4RB, 5B, 6LB, 7L, 8LF a CMP; norma AN (n=245), 20-30 let .....	75
Obrázek 15: LOS – Endpoint Excursion; grafické znázornění výsledných normativních hodnot – směr F, B, L a R; norma AN (n=245), 20-30 let.....	78
Obrázek 16: LOS – Endpoint Excursion; grafické znázornění výsledných normativních hodnot – směr 1F, 2RF, 3R, 4RB, 5B, 6LB, 7L, 8LF a CMP; norma AN (n=245), 20-30 let .....	80
Obrázek 17: LOS – Maximal Excursion; grafické znázornění výsledných normativních hodnot – směr F, B, L a R; norma AN (n=245), 20-30 let; norma AN (n=245), 20-30 let.....	83
Obrázek 18: LOS – Maximal Excursion; grafické znázornění výsledných normativních hodnot – směr 1F, 2RF, 3R, 4RB, 5B, 6LB, 7L, 8LF a CMP; norma AN (n=245), 20-30 let .....	85
Obrázek 19: MCT - Latency; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let .....	90
Obrázek 20: MCT - Latency; grafické znázornění hodnot; norma NC (n=29), 20-59 let .....	91

Obrázek 21: MCT – Amplitude Scaling; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let .....	93
Obrázek 22: MCT – Weight Symmetry; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let .....	95
Obrázek 23: MCT - Strenght Symmetry; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let .....	97
Obrázek 24: ADT – Toes Up a Toes Down; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let .....	101
Obrázek 25: ADT – Toes Up a Toes Down; grafické znázornění hodnot; norma NC (n=64), 20-59 let .....	102
Obrázek 26: RWS - On-Axis Velocity Left/Right; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let .....	105
Obrázek 27: RWS – On-Axis Velocity Forward/Backward Translation; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let.....	107
Obrázek 28: RWS - Directional Control Left/Right Translation; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let.....	110
Obrázek 29: RWS – Directional Control Front/Back Translation; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let.....	112
Obrázek 30: UNI - Mean COG Sway Velocity; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let.....	115
Obrázek 31: UNI - Mean COG Sway Velocity % Difference – po úpravě hodnot (po eliminaci všech, u kterých došlo k pádu); grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=192) a (n=137), 20-30 let .....	116
Obrázek 32: WBS – Percentage Weight Bearing; grafické znázornění výsledných normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let .....	119
Obrázek 33: LOS – pozorované hodnoty ve všech směrech v pořadí, v jakém byly testovány; tmavě je vykreslena i průměrná křivka.....	123
Obrázek 34: LOS – predikované hodnoty na základě použitého LME ve všech směrech zobrazené ve spirále; měřeno postupně od F ve směru hodinových ručiček; tmavě je vykreslena i odhadnutá průměrná křivka .....	124
Obrázek 35: MCT – LAM, zobrazení regresoru „váha“ .....	126
Obrázek 36: LOS - Grafické znázornění nově stanovených parametrů; norm AN (n=245), 20-30 let .....	XXI
Obrázek 37: MCT - Grafické znázornění nově stanovených parametrů; norm AN (n=245), 20-30 let .....	XXII
Obrázek 38: RWS - Grafické znázornění nově stanovených parametrů; norm AN (n=245), 20-30 let ...	XXIII

## 8.2 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: MCT - nastavení amplitudy a trvání posunu k výšce jedince (Natus Medical, 2014).....	26
Tabulka 2: Popisná charakteristika výzkumného souboru (n=245; muži 107, ženy 138), pro testovací protokoly SOT, LOS, MCT.....	38
Tabulka 3: Popisná charakteristika výzkumného souboru (n=193; muži 84, ženy 109), pro testovací protokoly ADT, RWS, UNI a WBS.....	39
Tabulka 4: Popisná charakteristika výzkumného mikroouboru (n=9; muži 3, ženy 6) .....	46
Tabulka 5: Reliabilita celkových parametrů SMEQ, test-retest, (n=9).....	48
Tabulka 6: Posouzení spolehlivosti motorických testů dle Měkoty a Blahuše (1983).....	49
Tabulka 7: SOT – Equilibrium Score; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let.....	52
Tabulka 8: SOT – Strategy Analysis; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let	55
Tabulka 9: SOT – Sensory Analysis; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let .....	57
Tabulka 10: LOS – Reaction Time; výsledné normativní hodnoty – směr F, B, R a L; norma AN (n=245), 20-30 let .....	61
Tabulka 11: LOS – Reaction Time; nově stanovené normativní hodnoty – směr 1F, 2RF, 3R,RB, 5B, 6LB, 7L, 8LF; norma AN (n=245), 20-30 let.....	64
Tabulka 12: LOS – Movement Velocity; výsledné normativní hodnoty – směr F, B, R a L; norma AN (n=245), 20-30 let .....	66
Tabulka 13: LOS – Movement Velocity; nově stanovené normativní hodnoty – směr 1F, 2RF, 3R,RB, 5B, 6LB, 7L, 8LF; norma AN (n=245), 20-30 let .....	69
Tabulka 14: LOS – Directional Control; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let .....	71
Tabulka 15: LOS – Directional Control; nově stanované normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let .....	74
Tabulka 16: LOS – Endpoint Excursion; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let.....	76
Tabulka 17: LOS – Endpoint Excursion; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let .....	79
Tabulka 18: LOS – Maximal Excursion; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let .....	81
Tabulka 19: LOS – Maximal Excursion; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let .....	84
Tabulka 20: MCT – Latency Left and Right; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let	87
Tabulka 21: MCT – Amplitude Scaling; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let .....	92
Tabulka 22: MCT – Weight Symmetry; nově stanovené predikované normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let .....	94
Tabulka 23: MCT – Strenght Symmetry; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=245), 20-30 let.....	96
Tabulka 24: ADT – Toes Up a Down; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let.....	98

Tabulka 25: RWS – On-Axis Velocity; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let.....	103
Tabulka 26: RWS – Directional Control; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let...	108
Tabulka 27: UNI – Mean COG Sway Velocity; výsledné normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let .....	113
Tabulka 28: WBS; nově stanovené normativní hodnoty; norma AN (n=193), 20-30 let .....	118
Tabulka 29: P-hodnoty regresorů doplněných do smíšeného lineárního modelu s interceptem .....	125
Tabulka 30: SMEQ – přehled parametrů a podmínek; norma AN (n=245).....	II
Tabulka 31: SMEQ – přehled parametrů a podmínek; norma AN (n=193).....	V
Tabulka 32: Přehled výsledných hodnot a testové statistiky; norma AN (n=245).....	VII
Tabulka 33: Přehled výsledných hodnot a testové statistiky; norma AN (n=193).....	XII
Tabulka 34: Reliabilita jednotlivých parametrů testovacích protokolů SMEQ, (n=9).....	XIV
Tabulka 35: SMEQ – vstupní data-set pro stanovení norm AN; ilustrační výběr jedinců (n=10) z (n=245) .....	XVII

### 8.3 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: SOT – Equilibrium Score; porovnání hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let a norma NC (n=112), 20-59 let .....	53
Graf 2: SOT – Sensory Analysis; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let a norma NC (n=112), 20-59 let .....	58
Graf 3: LOS – Reaction Time; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let .....	62
Graf 4: LOS – Movement Velocity; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let .....	67
Graf 5: LOS – Directional Control; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let .....	72
Graf 6: LOS – Endpoint Excursion; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let .....	77
Graf 7: LOS – Maximal Excursion; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let .....	82
Graf 8: MCT – Latency Left; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let a norma NC (n=29), 20-59 let .....	88
Graf 9: MCT – Latency Right; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=245), 20-30 let a norma NC (n=29), 20-59 let .....	89
Graf 10: ADT – Toes Up; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let a norma NC (n=64), 20-59 let .....	99
Graf 11: ADT – Toes Down; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let a norma NC (n=64), 20-59 let .....	100
Graf 12: RWS – On-Axis Velocity Left/Right; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let .....	104
Graf 13: RWS – On-Axis Velocity Front/Back; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let .....	106
Graf 14: RWS – Directional Control Left/Right; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let .....	109
Graf 15: RWS – Directional Control Front/Back; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let .....	111
Graf 16: UNI – Mean COG Sway Velocity; porovnání normativních hodnot; norma AN (n=193), 20-30 let a norma NC (n=74), 20-39 let .....	114



## 8.4 SEZNAM ROVNIC

(1): Equilibrium Score.....	22
(2): Equilibrium Composite Score .....	22
(3): Movement Strategy .....	23
(4): Weight Symmetry .....	27
(5): Sway Energy .....	28
(6): Lineární smíšený model.....	41
(7): Predikce chyby jediného pozorování .....	42
(8): Predikce chyby opakovaného pozorování .....	42
(9): Predikce chyby opakovaného pozorování (přes sadu podmínek $\Omega$ ) .....	42

## 9. SEZNAM VOLNÝCH PŘÍLOH

- I. Příloha č. 1 – Informovaný souhlas
- II. Příloha č. 2 – SMEQ – přehled testovaných podmínek a parametrů
- III. Příloha č. 3 – SMEQ – přehled hodnot testové statistiky
- IV. Příloha č. 4 – SMEQ – reliabilita parametrů
- V. Příloha č. 5 – SMEQ – vstupní data-set (výběr 10ti jedinců)
- VI. Příloha č. 6 – Grafické znázornění nově stanovených hodnot

## **I. Příloha č. 1 - Informovaný souhlas**

Jednací čísla a datum schválení jednotlivých souhlasů Etické komise UK FTVS:

185/2016; ze dne 06.12.2016

215/2016; ze dne 03.01.2017

230/2016; ze dne 02.01.2017

220/2017; ze dne 05.02.2018

015/2018; ze dne 04.04.2018

163/2108; ze dne 24.07.2018

209/2018; ze dne 12.11.2018

078/2019; ze dne 06.03.2019

108/2019; ze dne 02.04.2019

119/2019; ze dne 07.05.2019

121/2019; ze dne 09.04.2019

## II. Příloha č. 2 - SMEQ - přehled testových parametrů a podmínek

Tabulka 30: SMEQ – přehled parametrů a podmínek; norma AN (n=245)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	Limits of Stability	LOS	RT	Reaction Time	F	RT-F	[s]
2	2	Limits of Stability	LOS	RT	Reaction Time	B	RT-B	[s]
3	3	Limits of Stability	LOS	RT	Reaction Time	R	RT-R	[s]
4	4	Limits of Stability	LOS	RT	Reaction Time	L	RT-L	[s]
5	5	Limits of Stability	LOS	RT	Reaction Time	CMP	RT-CMP	[s]
6	6	Limits of Stability	LOS	RT	Reaction Time	1F	RT-1F	[s]
7	7	Limits of Stability	LOS	RT	Reaction Time	2RF	RT-2RF	[s]
8	8	Limits of Stability	LOS	RT	Reaction Time	3R	RT-3R	[s]
9	9	Limits of Stability	LOS	RT	Reaction Time	4RB	RT-4RB	[s]
10	10	Limits of Stability	LOS	RT	Reaction Time	5B	RT-5B	[s]
11	11	Limits of Stability	LOS	RT	Reaction Time	6LB	RT-6LB	[s]
12	12	Limits of Stability	LOS	RT	Reaction Time	7L	RT-7L	[s]
13	13	Limits of Stability	LOS	RT	Reaction Time	8LF	RT-8LF	[s]
14	14	Limits of Stability	LOS	MVL	Movement Velocity	F	MVL-F	[°/s]
15	15	Limits of Stability	LOS	MVL	Movement Velocity	B	MVL-B	[°/s]
16	16	Limits of Stability	LOS	MVL	Movement Velocity	R	MVL-R	[°/s]
17	17	Limits of Stability	LOS	MVL	Movement Velocity	L	MVL-L	[°/s]
18	18	Limits of Stability	LOS	MVL	Movement Velocity	CMP	MVL-CMP	[°/s]
19	19	Limits of Stability	LOS	MVL	Movement Velocity	1F	MVL-1F	[°/s]
20	20	Limits of Stability	LOS	MVL	Movement Velocity	2RF	MVL-RF	[°/s]
21	21	Limits of Stability	LOS	MVL	Movement Velocity	3R	MVL-3R	[°/s]
22	22	Limits of Stability	LOS	MVL	Movement Velocity	4RB	MVL-4RB	[°/s]
23	23	Limits of Stability	LOS	MVL	Movement Velocity	5B	MVL-5B	[°/s]
24	24	Limits of Stability	LOS	MVL	Movement Velocity	6LB	MVL-6LB	[°/s]
25	25	Limits of Stability	LOS	MVL	Movement Velocity	7L	MVL-7L	[°/s]
26	26	Limits of Stability	LOS	MVL	Movement Velocity	8LF	MVL-8LF	[°/s]
27	27	Limits of Stability	LOS	DC	Directional Control	F	DCL-F	[%]
28	28	Limits of Stability	LOS	DC	Directional Control	B	DCL-B	[%]
29	29	Limits of Stability	LOS	DC	Directional Control	R	DCL-R	[%]
30	30	Limits of Stability	LOS	DC	Directional Control	L	DCL-L	[%]
31	31	Limits of Stability	LOS	DC	Directional Control	CMP	DCL-CMP	[%]
32	32	Limits of Stability	LOS	DC	Directional Control	1F	DCL-1F	[%]
33	33	Limits of Stability	LOS	DC	Directional Control	2RF	DCL-2RF	[%]
34	34	Limits of Stability	LOS	DC	Directional Control	3R	DCL-3R	[%]
35	35	Limits of Stability	LOS	DC	Directional Control	4RB	DCL-4RB	[%]
36	36	Limits of Stability	LOS	DC	Directional Control	5B	DCL-5B	[%]
37	37	Limits of Stability	LOS	DC	Directional Control	6LB	DCL-6LB	[%]
38	38	Limits of Stability	LOS	DC	Directional Control	7L	DCL-7L	[%]
39	39	Limits of Stability	LOS	DC	Directional Control	8LF	DCL-8LF	[%]
40	40	Limits of Stability	LOS	EPE	Endpoint Excursion	F	EPE-F	[%]
41	41	Limits of Stability	LOS	EPE	Endpoint Excursion	B	EPE-B	[%]
42	42	Limits of Stability	LOS	EPE	Endpoint Excursion	R	EPE-R	[%]
43	43	Limits of Stability	LOS	EPE	Endpoint Excursion	L	EPE-L	[%]
44	44	Limits of Stability	LOS	EPE	Endpoint Excursion	CMP	EPE-CMP	[%]
45	45	Limits of Stability	LOS	EPE	Endpoint Excursion	1F	EPE-1F	[%]
46	46	Limits of Stability	LOS	EPE	Endpoint Excursion	2RF	EPE-2RF	[%]
47	47	Limits of Stability	LOS	EPE	Endpoint Excursion	3R	EPE-3R	[%]

48	48	Limits of Stability	LOS	EPE	Endpoint Excursion	4RB	EPE-4RB	[%]
49	49	Limits of Stability	LOS	EPE	Endpoint Excursion	5B	EPE-5B	[%]
50	50	Limits of Stability	LOS	EPE	Endpoint Excursion	6LB	EPE-6LB	[%]
51	51	Limits of Stability	LOS	EPE	Endpoint Excursion	7L	EPE-7L	[%]
52	52	Limits of Stability	LOS	EPE	Endpoint Excursion	8LF	EPE-8LF	[%]
53	53	Limits of Stability	LOS	MXE	Maximal Excursion	F	MXE-F	[%]
54	54	Limits of Stability	LOS	MXE	Maximal Excursion	B	MXE-B	[%]
55	55	Limits of Stability	LOS	MXE	Maximal Excursion	R	MXE-R	[%]
56	56	Limits of Stability	LOS	MXE	Maximal Excursion	L	MXE-L	[%]
57	57	Limits of Stability	LOS	MXE	Maximal Excursion	CMP	MXE-CMP	[%]
58	58	Limits of Stability	LOS	MXE	Maximal Excursion	1F	MXE-1F	[%]
59	59	Limits of Stability	LOS	MXE	Maximal Excursion	2RF	MXE-2RF	[%]
60	60	Limits of Stability	LOS	MXE	Maximal Excursion	3R	MXE-3R	[%]
61	61	Limits of Stability	LOS	MXE	Maximal Excursion	4RB	MXE-4RB	[%]
62	62	Limits of Stability	LOS	MXE	Maximal Excursion	5B	MXE-5B	[%]
63	63	Limits of Stability	LOS	MXE	Maximal Excursion	6LB	MXE-6LB	[%]
64	64	Limits of Stability	LOS	MXE	Maximal Excursion	7L	MXE-7L	[%]
65	65	Limits of Stability	LOS	MXE	Maximal Excursion	8LF	MXE-8LF	[%]
66	66	Limits of Stability	SOT	EQL	Equilibrium Score	Fix-Norm	EQL-1	[score]
67	67	Limits of Stability	SOT	EQL	Equilibrium Score	Fix-Clos	EQL-2	[score]
68	68	Limits of Stability	SOT	EQL	Equilibrium Score	Fix-Sway	EQL-3	[score]
69	69	Limits of Stability	SOT	EQL	Equilibrium Score	Sway-Norm	EQL-4	[score]
70	70	Limits of Stability	SOT	EQL	Equilibrium Score	Sway-Clos	EQL-5	[score]
71	71	Limits of Stability	SOT	EQL	Equilibrium Score	Sway-Sway	EQL-6	[score]
72	72	Limits of Stability	SOT	EQL	Equilibrium Score	CMP	EQL-CMP	[score]
73	73	Limits of Stability	SOT	STRA	Strategy Analysis	Fix-Norm	STRA-1	[score]
74	74	Limits of Stability	SOT	STRA	Strategy Analysis	Fix-Clos	STRA-2	[score]
75	75	Limits of Stability	SOT	STRA	Strategy Analysis	Fix-Sway	STRA-3	[score]
76	76	Limits of Stability	SOT	STRA	Strategy Analysis	Sway-Norm	STRA-4	[score]
77	77	Limits of Stability	SOT	STRA	Strategy Analysis	Sway-Clos	STRA-5	[score]
78	78	Limits of Stability	SOT	STRA	Strategy Analysis	Sway-Sway	STRA-6	[score]
79	79	Limits of Stability	SOT	STRA	Strategy Analysis	CMP	STRA-CMP	[score]
80	80	Limits of Stability	SOT	SOM	Sensory Analysis	SOM	RAT-SOM	[score]
81	81	Limits of Stability	SOT	VIS	Sensory Analysis	VIS	RAT-VIS	[score]
82	82	Limits of Stability	SOT	VEST	Sensory Analysis	VEST	RAT-VEST	[score]
83	83	Limits of Stability	SOT	PREF	Sensory Analysis	PREF	RAT-PREF	[score]
84	1	Motor Control Test	MCT	WS	Weight Symmetry	Back-Sm	WS-B-S	[nondim]
85	2	Motor Control Test	MCT	WS	Weight Symmetry	Back-Med	WS-B-M	[nondim]
86	3	Motor Control Test	MCT	WS	Weight Symmetry	Back-Lar	WS-B-L	[nondim]
87	4	Motor Control Test	MCT	WS	Weight Symmetry	Front-Sm	WS-F-S	[nondim]
88	5	Motor Control Test	MCT	WS	Weight Symmetry	Front-Med	WS-F-M	[nondim]
89	6	Motor Control Test	MCT	WS	Weight Symmetry	Front-Lar	WS-F-L	[nondim]
90	7	Motor Control Test	MCT	WS	Weight Symmetry	CMP	WS-CMP	[nondim]
91	8	Motor Control Test	MCT	LLT	Latency	Back-Sm	LLT-B-S	[msec]
92	9	Motor Control Test	MCT	LLT	Latency	Back-Med	LLT-B-M	[msec]
93	10	Motor Control Test	MCT	LLT	Latency	Back-Lar	LLT-B-L	[msec]
94	11	Motor Control Test	MCT	LLT	Latency	Front-Sm	LLT-F-S	[msec]
95	12	Motor Control Test	MCT	LLT	Latency	Front-Med	LLT-F-M	[msec]
96	13	Motor Control Test	MCT	LLT	Latency	Front-Lar	LLT-F-L	[msec]
97	14	Motor Control Test	MCT	LLT	Latency	CMP	LLT-CMP	[msec]
98	15	Motor Control Test	MCT	RLT	Latency	Back-Sm	RLT-B-S	[msec]
99	16	Motor Control Test	MCT	RLT	Latency	Back-Med	RLT-B-M	[msec]

100	17	Motor Control Test	MCT	RLT	Latency	Back-Lar	RLT-B-L	[msec]
101	18	Motor Control Test	MCT	RLT	Latency	Front-Sm	RLT-F-S	[msec]
102	19	Motor Control Test	MCT	RLT	Latency	Front-Med	RLT-F-M	[msec]
103	20	Motor Control Test	MCT	RLT	Latency	Front-Lar	RLT-F-L	[msec]
104	21	Motor Control Test	MCT	RLT	Latency	CMP	RLT-CMP	[msec]
105	22	Motor Control Test	MCT	LLT	Latency	CMP	LT-CMP	[msec]
106	23	Motor Control Test	MCT	LAM	Amplitude Scailing	Back-Sm	LAM-B-S	[nondim]
107	24	Motor Control Test	MCT	LAM	Amplitude Scailing	Back-Med	LAM-B-M	[nondim]
108	25	Motor Control Test	MCT	LAM	Amplitude Scailing	Back-Lar	LAM-B-L	[nondim]
109	26	Motor Control Test	MCT	LAM	Amplitude Scailing	Front-Sm	LAM-F-S	[nondim]
110	27	Motor Control Test	MCT	LAM	Amplitude Scailing	Front-Med	LAM-F-M	[nondim]
111	28	Motor Control Test	MCT	LAM	Amplitude Scailing	Front-Lar	LAM-F-L	[nondim]
112	29	Motor Control Test	MCT	LAM	Amplitude Scailing	CMP	LAM-CMP	[nondim]
113	30	Motor Control Test	MCT	RAM	Amplitude Scailing	Back-Sm	RAM-B-S	[nondim]
114	31	Motor Control Test	MCT	RAM	Amplitude Scailing	Back-Med	RAM-B-M	[nondim]
115	32	Motor Control Test	MCT	RAM	Amplitude Scailing	Back-Lar	RAM-B-L	[nondim]
116	33	Motor Control Test	MCT	RAM	Amplitude Scailing	Front-Sm	RAM-F-S	[nondim]
117	34	Motor Control Test	MCT	RAM	Amplitude Scailing	Front-Med	RAM-F-M	[nondim]
118	35	Motor Control Test	MCT	RAM	Amplitude Scailing	Front-Lar	RAM-F-L	[nondim]
119	36	Motor Control Test	MCT	RAM	Amplitude Scailing	CMP	RAM-CMP	[nondim]
120	37	Motor Control Test	MCT	SS	Strenght Symmetry	Back-Sm	SS-B-S	[nondim]
121	38	Motor Control Test	MCT	SS	Strenght Symmetry	Back-Med	SS-B-M	[nondim]
122	39	Motor Control Test	MCT	SS	Strenght Symmetry	Back-Lar	SS-B-L	[nondim]
123	40	Motor Control Test	MCT	SS	Strenght Symmetry	Front-Sm	SS-F-S	[nondim]
124	41	Motor Control Test	MCT	SS	Strenght Symmetry	Front-Med	SS-F-M	[nondim]
125	42	Motor Control Test	MCT	SS	Strenght Symmetry	Front-Lar	SS-F-L	[nondim]
126	43	Motor Control Test	MCT	SS	Strenght Symmetry	CMP	SS-CMP	[nondim]

Legenda: 1 – pořadové číslo, 2 – pořadové číslo jednotlivého testu, 3 – název testovacího protokolu (data set), 4 – zkratka testovacího protokolu, 5 – zkratka parametru testovacího protokolu, 6 – parametr testovacího protokolu, 7 – označení testové situace, 8 – označení parametru (designation), 9 – jednotka; zeleně jsou označené parametry, pro které byla nově stanovena norma AN

Tabulka 31: SMEQ – přehled parametrů a podmínek; norma AN (n=193)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
127	1	Rythmic Weight Schiff	RWS	OAV	On-Axis Velocity	LR-Slow	LR-V-S	[°/s]
128	2	Rythmic Weight Schiff	RWS	OAV	On-Axis Velocity	LR-Med	LR-V-M	[°/s]
129	3	Rythmic Weight Schiff	RWS	OAV	On-Axis Velocity	LR-Fast	LR-V-F	[°/s]
130	4	Rythmic Weight Schiff	RWS	OAV	On-Axis Velocity	FB-Slow	FB-V-S	[°/s]
131	5	Rythmic Weight Schiff	RWS	OAV	On-Axis Velocity	FB-Med	FB-V-M	[°/s]
132	6	Rythmic Weight Schiff	RWS	OAV	On-Axis Velocity	FB-Fast	FB-V-F	[°/s]
133	7	Rythmic Weight Schiff	RWS	OAV	On-Axis Velocity	CMP	LR-V-CMP	[°/s]
134	8	Rythmic Weight Schiff	RWS	OAV	On-Axis Velocity	CMP	FB-V-CMP	[°/s]
135	9	Rythmic Weight Schiff	RWS	OAV	On-Axis Velocity	CMP	V-CMP	[°/s]
136	10	Rythmic Weight Schiff	RWS	DCL	Directional Control	LR-Slow	LR-DC-S	[%]
137	11	Rythmic Weight Schiff	RWS	DCL	Directional Control	LR-Med	LR-DC-M	[%]
138	12	Rythmic Weight Schiff	RWS	DCL	Directional Control	LR-Fast	LR-DC-F	[%]
139	13	Rythmic Weight Schiff	RWS	DCL	Directional Control	FB-Slow	FB-DC-S	[%]
140	14	Rythmic Weight Schiff	RWS	DCL	Directional Control	FB-Med	FB-DC-M	[%]
141	15	Rythmic Weight Schiff	RWS	DCL	Directional Control	FB-Fast	FB-DC-F	[%]
142	16	Rythmic Weight Schiff	RWS	DCL	Directional Control	CMP	LR-DC-CMP	[%]
143	17	Rythmic Weight Schiff	RWS	DCL	Directional Control	CMP	FB-DC-CMP	[%]
144	18	Rythmic Weight Schiff	RWS	DCL	Directional Control	CMP	DC-CMP	[%]
145	1	Unilateral Stance	UNI	SV	Sway Velocity	L-Open	LSV-EO	[°/s]
146	2	Unilateral Stance	UNI	SV	Sway Velocity	L-Closed	LSV-EC	[°/s]
147	3	Unilateral Stance	UNI	SV	Sway Velocity	R-Open	RSV-EO	[°/s]
148	4	Unilateral Stance	UNI	SV	Sway Velocity	R-Closed	RSV-EC	[°/s]
149	5	Unilateral Stance	UNI	SV	Sway Velocity	CMP	SV-EO-CMP	[°/s]
150	6	Unilateral Stance	UNI	SV	Sway Velocity	CMP	SV-EC-CMP	[°/s]
151	7	Unilateral Stance	UNI	SV	Sway Velocity	CMP	LSV-CMP	[°/s]
152	8	Unilateral Stance	UNI	SV	Sway Velocity	CMP	RSV-CMP	[°/s]
153	9	Unilateral Stance	UNI	SV	Sway Velocity	CMP	SV-CMP	[°/s]
154	1	Weight Bearing/Squat	WBS	WBS	Weight Bearing	Left 0°	LWBS-0	[%]
155	2	Weight Bearing/Squat	WBS	WBS	Weight Bearing	Right 0°	RWBS-0	[%]
156	3	Weight Bearing/Squat	WBS	WBS	Weight Bearing	Left 30°	LWBS-30	[%]
157	4	Weight Bearing/Squat	WBS	WBS	Weight Bearing	Right 30°	RWBS-30	[%]
158	5	Weight Bearing/Squat	WBS	WBS	Weight Bearing	Left 60°	LWBS-60	[%]
159	6	Weight Bearing/Squat	WBS	WBS	Weight Bearing	Right 60°	RWBS-60	[%]
160	7	Weight Bearing/Squat	WBS	WBS	Weight Bearing	Left 90°	LWBS-90	[%]
161	8	Weight Bearing/Squat	WBS	WBS	Weight Bearing	Right 90°	RWBS-90	[%]
162	9	Weight Bearing/Squat	WBS	WBS	Weight Bearing	CMP	LWBS-CMP	[%]
163	10	Weight Bearing/Squat	WBS	WBS	Weight Bearing	CMP	RWBS-CMP	[%]
164	1	Adaptation Test	ADT	TUP	Toes Up	Up-1	TUP-1	[score]
165	2	Adaptation Test	ADT	TUP	Toes Up	Up-2	TUP-2	[score]
166	3	Adaptation Test	ADT	TUP	Toes Up	Up-3	TUP-3	[score]
167	4	Adaptation Test	ADT	TUP	Toes Up	Up-4	TUP-4	[score]
168	5	Adaptation Test	ADT	TUP	Toes Up	Up-5	TUP-5	[score]
169	6	Adaptation Test	ADT	TDN	Teos Down	Down-1	TDN-1	[score]
170	7	Adaptation Test	ADT	TDN	Teos Down	Down-2	TDN-2	[score]
171	8	Adaptation Test	ADT	TDN	Teos Down	Down-3	TDN-3	[score]
172	9	Adaptation Test	ADT	TDN	Teos Down	Down-4	TDN-4	[score]
173	10	Adaptation Test	ADT	TDN	Teos Down	Down-5	TDN-5	[score]
174	11	Adaptation Test	ADT	TUP	Toes Up	Toes Up	TUP-CMP	[score]
175	12	Adaptation Test	ADT	TDN	Teos Down	Toes Down	TDN-CMP	[score]
176	13	Adaptation Test	ADT	CMP		CMP	ADT-CMP	[score]

*Legenda: 1 – pořadové číslo, 2 – pořadové číslo jednotlivého testu, 3 – název testovacího protokolu (data set), 4 – zkratka testovacího protokolu, 5 – zkratka parametru testovacího protokolu, 6 – parametr testovacího protokolu, 7 – označení testové situace, 8 – označení parametru (designation), 9 – jednotka; zeleně jsou označené parametry, pro které byla nově stanovena norma AN*



### III. Příloha č. 3 - SMEQ - přehled hodnot a testové statistiky

Tabulka 32: Přehled výsledných hodnot a testové statistiky; norma AN (n=245)

no	designation	AN_025	AN_05	AN_mean	AN_95	AN_975	AN_SEP	NC_025	NC_05	NC_mean	NC_95	NC_975	NC_SD	T test	df	P-value
1	RT-F	0,311	0,390	0,802	1,214	1,293	0,251	0,228	0,291	0,620	0,949	1,012	0,200	6,463	148,588	0,0000
2	RT-B	0,247	0,313	0,658	1,003	1,070	0,210	0,117	0,170	0,450	0,730	0,783	0,170	8,718	146,417	0,0000
3	RT-R	0,280	0,347	0,693	1,040	1,106	0,211	0,229	0,302	0,680	1,058	1,131	0,230	0,445	112,531	0,6569
4	RT-L	0,270	0,333	0,667	1,000	1,064	0,203	0,210	0,289	0,700	1,111	1,190	0,250	-1,040	103,651	0,3008
5	RT-CMP	0,368	0,425	0,720	1,016	1,072	0,180	0,277	0,330	0,610	0,890	0,943	0,170	4,824	126,248	0,0000
6	RT-1F	0,041	0,200	1,032	1,863	2,022	0,505									
7	RT-2RF	0,084	0,185	0,711	1,238	1,339	0,320									
8	RT-3R	0,170	0,260	0,729	1,198	1,288	0,285									
9	RT-4RB	0,065	0,157	0,640	1,122	1,214	0,293									
10	RT-5B	0,065	0,159	0,650	1,141	1,235	0,299									
11	RT-6LB	0,092	0,187	0,685	1,184	1,279	0,303									
12	RT-7L	0,128	0,212	0,651	1,090	1,174	0,267									
13	RT-8LF	0,120	0,207	0,664	1,121	1,209	0,278									
14	MVL-F	1,795	2,325	5,095	7,864	8,394	1,684	2,484	3,146	6,600	10,054	10,716	2,100	-5,643	102,934	0,0000
15	MVL-B	1,211	1,701	4,260	6,820	7,310	1,556	0,544	0,891	2,700	4,509	4,856	1,100	9,633	169,381	0,0000
16	MVL-R	1,763	2,283	4,997	7,710	8,230	1,650	1,408	2,259	6,700	11,141	11,992	2,700	-5,145	90,049	0,0000
17	MVL-L	2,471	3,009	5,816	8,623	9,161	1,707	1,812	2,694	7,300	11,906	12,788	2,800	-4,323	89,966	0,0000
18	MVL-CMP	2,115	2,574	4,969	7,363	7,822	1,456	2,272	2,839	5,800	8,761	9,328	1,800	-3,631	103,487	0,0004
19	MVL-1F	0,017	0,682	4,156	7,629	8,294	2,111									
20	MVL-RF	0,730	1,439	5,143	8,846	9,556	2,252									
21	MVL-3R	0,754	1,485	5,300	9,116	9,847	2,320									
22	MVL-4RB	0,852	1,446	4,547	7,647	8,241	1,885									
23	MVL-5B	-0,528	0,064	3,155	6,245	6,837	1,879									
24	MVL-6LB	1,057	1,703	5,080	8,456	9,103	2,053									
25	MVL-7L	1,573	2,346	6,383	10,419	11,193	2,454									
26	MVL-8LF	1,393	2,132	5,986	9,840	10,578	2,343									0,0000

27	DCL-F	74,908	76,761	86,434	96,107	97,960	5,881	69,508	71,935	84,600	97,265	99,692	7,700	1,889	100,058	0,0618
28	DCL-B	57,522	60,094	73,520	86,945	89,517	8,162	12,581	17,937	45,900	73,863	79,219	17,000	13,514	83,398	0,0000
29	DCL-R	67,412	69,561	80,778	91,996	94,145	6,820	61,448	64,190	78,500	92,810	95,552	8,700	2,069	101,565	0,0411
30	DCL-L	66,158	68,284	79,382	90,480	92,606	6,747	63,848	66,590	80,900	95,210	97,952	8,700	-1,380	100,935	0,1705
31	DCL-CMP	70,749	72,420	81,143	89,867	91,538	5,303	57,704	60,099	72,600	85,101	87,496	7,600	9,029	95,435	0,0000
32	DCL-1F	77,221	79,351	90,469	101,588	103,718	6,759									
33	DCL-2RF	67,308	70,228	85,469	100,711	103,631	9,266									
34	DCL-3R	68,904	71,413	84,510	97,607	100,116	7,962									
35	DCL-4RB	47,188	51,234	72,355	93,476	97,522	12,841									
36	DCL-5B	53,394	57,381	78,196	99,011	102,998	12,655									
37	DCL-6LB	44,445	48,555	70,008	91,461	95,571	13,042									
38	DCL-7L	69,605	72,044	84,776	97,507	99,947	7,740									
39	DCL-8LF	66,361	69,095	83,363	97,632	100,365	8,675									
40	EPE-F	59,117	62,883	82,540	102,197	105,963	11,951	74,516	78,581	99,800	121,019	125,084	12,900	-10,257	113,470	0,0000
41	EPE-B	50,204	53,846	72,854	91,863	95,504	11,556	10,741	16,570	47,000	77,430	83,259	18,500	11,371	90,844	0,0000
42	EPE-R	57,961	61,538	80,210	98,881	102,459	11,352	70,864	74,520	93,600	112,680	116,336	11,600	-8,746	118,375	0,0000
43	EPE-L	64,979	68,268	85,438	102,608	105,897	10,438	71,305	76,063	100,900	125,737	130,495	15,100	-8,234	95,002	0,0000
44	EPE-CMP	60,702	63,496	78,080	92,663	95,457	8,866	65,504	68,687	85,300	101,913	105,096	10,100	-5,539	109,167	0,0000
45	EPE-1F	26,870	33,739	69,596	105,453	112,322	21,800									
46	EPE-2RF	52,098	57,581	86,200	114,819	120,302	17,399									
47	EPE-3R	48,294	52,878	76,804	100,730	105,314	14,546									
48	EPE-4RB	40,987	46,877	77,624	108,372	114,262	18,693									
49	EPE-5B	27,440	32,369	58,098	83,827	88,756	15,642									
50	EPE-6LB	48,230	53,795	82,841	111,887	117,451	17,659									
51	EPE-7L	56,749	60,752	81,649	102,546	106,549	12,705									
52	EPE-8LF	63,327	67,908	91,824	115,741	120,322	14,540									
53	MXE-F	82,782	85,163	97,590	110,018	112,399	7,556	74,516	78,581	99,800	121,019	125,084	12,900	-1,403	88,627	0,1643
54	MXE-B	73,544	76,194	90,024	103,855	106,505	8,409	10,741	16,570	47,000	77,430	83,259	18,500	19,410	82,299	0,0000
55	MXE-R	81,000	83,368	95,725	108,083	110,450	7,513	70,864	74,520	93,600	112,680	116,336	11,600	1,485	92,226	0,1410
56	MXE-L	83,377	85,612	97,276	108,940	111,175	7,091	71,305	76,063	100,900	125,737	130,495	15,100	-1,999	82,940	0,0489
57	MXE-CMP	80,935	82,999	93,774	104,549	106,613	6,551	65,504	68,687	85,300	101,913	105,096	10,100	6,798	92,283	0,0000
58	MXE-1F	68,786	72,563	92,278	111,992	115,769	11,986									

59	MXE-2RF	80,558	83,608	99,531	115,453	118,503	9,680										
60	MXE-3R	77,593	80,043	92,833	105,622	108,072	7,776										
61	MXE-4RB	70,569	74,467	94,812	115,158	119,056	12,369										
62	MXE-5B	53,396	57,498	78,910	100,322	104,424	13,018										
63	MXE-6LB	75,510	78,861	96,351	113,841	117,192	10,633										
64	MXE-7L	78,946	81,449	94,514	107,580	110,083	7,943										
65	MXE-8LF	83,921	86,661	100,963	115,266	118,006	8,695										
66	EQL-1	88,910	89,734	94,031	98,329	99,152	2,613	89,385	90,126	93,991	97,856	98,597	2,350	0,145	237,408	0,8848	
67	EQL-2	87,799	88,582	92,669	96,756	97,539	2,485	83,778	85,107	92,045	98,983	100,312	4,218	1,455	147,324	0,1477	
68	EQL-3	85,523	86,489	91,532	96,575	97,541	3,066	84,958	86,008	91,494	96,980	98,030	3,335	0,102	199,779	0,9186	
69	EQL-4	74,003	75,825	85,339	94,852	96,675	5,784	67,655	70,034	82,451	94,868	97,247	7,549	3,595	172,903	0,0004	
70	EQL-5	55,636	57,858	69,456	81,053	83,275	7,051	48,740	52,029	69,196	86,363	89,652	10,437	0,240	159,001	0,8109	
71	EQL-6	52,319	55,032	69,193	83,355	86,068	8,610	44,485	48,134	67,185	86,236	89,885	11,582	1,640	169,248	0,1030	
72	EQL-CMP	78,025	78,938	83,703	88,469	89,381	2,897	68,760	70,533	79,787	89,041	90,814	5,626	6,957	138,614	0,0000	
73	STRA-1	91,173	91,955	96,038	100,121	100,903	2,482										
74	STRA-2	91,557	92,219	95,672	99,126	99,787	2,100										
75	STRA-3	89,698	90,522	94,819	99,117	99,940	2,613										
76	STRA-4	83,317	84,412	90,129	95,846	96,942	3,476										
77	STRA-5	71,559	73,220	81,891	90,562	92,224	5,272										
78	STRA-6	73,027	74,727	83,600	92,473	94,173	5,395										
79	STRA-CMP	85,861	86,584	90,358	94,133	94,856	2,295										
80	RAT-SOM	0,935	0,943	0,986	1,028	1,036	0,026	0,890	0,904	0,980	1,056	1,070	0,046	1,246	143,900	0,2148	
81	RAT-VIS	0,762	0,785	0,907	1,030	1,053	0,074	0,720	0,745	0,877	1,009	1,034	0,080	3,395	201,655	0,0008	
82	RAT-VEST	0,563	0,591	0,739	0,886	0,914	0,090	0,518	0,553	0,736	0,919	0,954	0,111	0,230	179,656	0,8187	
83	RAT-PREF	0,867	0,887	0,992	1,097	1,117	0,064	0,842	0,864	0,981	1,098	1,120	0,071	1,419	196,055	0,1575	
84	WS-B-S	83,070	85,371	97,380	109,388	111,689	7,301										
85	WS-B-M	83,708	85,962	97,727	109,491	111,745	7,152										
86	WS-B-L	83,679	85,940	97,743	109,546	111,807	7,176										
87	WS-F-S	83,534	85,829	97,808	109,787	112,082	7,283										
88	WS-F-M	83,657	85,945	97,890	109,834	112,122	7,262										
89	WS-F-L	83,394	85,735	97,959	110,183	112,525	7,432										
90	WS-CMP	84,141	86,329	97,751	109,173	111,361	6,944										

91	LLT-B-S	104,296	108,816	132,408	156,001	160,520	14,343				200,000					0,0000
92	LLT-B-M	102,155	106,107	126,735	147,363	151,314	12,541	93,485	98,391	124,000	149,609	154,515	15,569	0,912	32,444	0,3688
93	LLT-B-L	101,328	104,763	122,694	140,625	144,060	10,901	78,271	84,498	117,000	149,502	155,729	19,760	1,525	30,049	0,1379
94	LLT-F-S	103,692	109,563	140,204	170,846	176,716	18,629				200,000			117,804	244,000	0,0000
95	LLT-F-M	95,722	102,106	135,429	168,752	175,135	20,259	123,048	126,255	143,000	159,745	162,952	10,180	-3,305	58,919	0,0016
96	LLT-F-L	103,808	107,572	127,224	146,877	150,641	11,948	105,659	110,377	135,000	159,623	164,341	14,970	-2,697	32,360	0,0111
97	LLT-CMP	111,215	114,361	130,782	147,204	150,350	9,983									
98	RLT-B-S	104,812	109,432	133,551	157,670	162,290	14,663				200,000					
99	RLT-B-M	99,815	103,880	125,102	146,324	150,389	12,902	93,485	98,391	124,000	149,609	154,515	15,569	0,367	32,712	0,7163
100	RLT-B-L	99,376	102,981	121,796	140,611	144,216	11,439	78,271	84,498	117,000	149,502	155,729	19,760	1,282	30,260	0,2097
101	RLT-F-S	104,719	110,568	141,102	171,636	177,485	18,563				200,000			118,978	244,000	0,0000
102	RLT-F-M	99,777	105,476	135,220	164,965	170,663	18,084	123,048	126,255	143,000	159,745	162,952	10,180	-3,511	51,991	0,0009
103	RLT-F-L	102,532	106,450	126,898	147,346	151,264	12,432	99,779	105,442	135,000	164,558	170,221	17,970	-2,362	31,251	0,0246
104	RLT-CMP	111,573	114,634	130,612	146,589	149,650	9,714									
105	LT-CMP	112,681	115,578	130,697	145,816	148,713	9,192			157,000				-44,791	244,000	0,0000
106	LAM-B-S	-2,347	-1,242	4,522	10,287	11,392	3,505									
107	LAM-B-M	-0,177	1,009	7,200	13,391	14,577	3,764									
108	LAM-B-L	1,877	3,344	11,000	18,656	20,123	4,655									
109	LAM-F-S	-2,729	-1,773	3,216	8,206	9,162	3,034									
110	LAM-F-M	-0,092	0,972	6,527	12,081	13,145	3,377									
111	LAM-F-L	2,287	3,439	9,457	15,475	16,628	3,659									
112	LAM-CMP	1,336	2,244	6,987	11,730	12,639	2,883									
113	RAM-B-S	-1,872	-0,872	4,351	9,574	10,574	3,175									
114	RAM-B-M	0,106	1,225	7,065	12,906	14,025	3,551									
115	RAM-B-L	1,676	3,119	10,649	18,179	19,622	4,578									
116	RAM-F-S	-2,286	-1,402	3,212	7,827	8,711	2,805									
117	RAM-F-M	0,420	1,403	6,531	11,658	12,641	3,117									
118	RAM-F-L	2,589	3,687	9,420	15,154	16,252	3,486									
119	RAM-CMP	1,669	2,505	6,871	11,238	12,074	2,655									
120	SS-B-S	61,325	67,086	97,159	127,232	132,993	18,283									
121	SS-B-M	68,095	73,097	99,212	125,327	130,330	15,877									
122	SS-B-L	68,941	73,634	98,135	122,635	127,329	14,895									

123	SS-F-S	61,354	67,637	100,437	133,236	139,520	19,941									
124	SS-F-M	70,392	75,181	100,180	125,178	129,967	15,198									
125	SS-F-L	75,980	79,790	99,682	119,573	123,384	12,093									
126	SS-CMP	78,848	82,110	99,134	116,158	119,420	10,350									

Legenda: modře jsou označeny hodnoty norm AN; zeleně jsou označeny signifikantní výsledky ( $p < 0,005$ )

Tabulka 33: Přehled výsledných hodnot a testové statistiky; norma AN (n=193)

no	designation	AN_025	AN_05	AN_mean	AN_95	AN_975	AN_SEP	NC_025	NC_05	NC_mean	NC_95	NC_975	NC_SD	T test	df	P-value
127	LR-V-S	2,398	2,512	3,106	3,701	3,814	0,361	2,116	2,242	2,900	3,558	3,684	0,400	3,871	121,312	0,0002
128	LR-V-M	3,719	3,876	4,694	5,513	5,670	0,498	3,520	3,678	4,500	5,322	5,480	0,500	2,846	131,792	0,0051
129	LR-V-F	6,911	7,326	9,490	11,654	12,069	1,316	6,256	6,697	9,000	11,303	11,744	1,400	2,603	125,348	0,0104
130	FB-V-S	1,587	1,684	2,189	2,695	2,791	0,307	1,312	1,407	1,900	2,393	2,488	0,300	7,001	135,227	0,0000
131	FB-V-M	2,511	2,627	3,234	3,841	3,958	0,369	2,020	2,178	3,000	3,822	3,980	0,500	3,665	104,949	0,0004
132	FB-V-F	3,974	4,281	5,882	7,483	7,789	0,973	3,936	4,220	5,700	7,180	7,464	0,900	1,444	142,256	0,1508
133	LR-V-CMP	4,739	4,904	5,764	6,623	6,788	0,523									
134	FB-V-CMP	2,961	3,091	3,768	4,446	4,575	0,412									
135	V-CMP	4,034	4,151	4,766	5,381	5,498	0,374									
136	LR-DC-S	73,232	74,707	82,404	90,102	91,576	4,680	78,144	79,279	85,200	91,121	92,256	3,600	-5,204	170,957	0,0000
137	LR-DC-M	77,531	78,904	86,067	93,231	94,603	4,355	82,328	83,336	88,600	93,864	94,872	3,200	-5,206	179,153	0,0000
138	LR-DC-F	82,437	83,663	90,062	96,462	97,687	3,891	84,532	85,572	91,000	96,428	97,468	3,300	-1,975	154,822	0,0501
139	FB-DC-S	64,219	66,648	79,326	92,005	94,434	7,708	74,300	75,876	84,100	92,324	93,900	5,000	-5,941	202,666	0,0000
140	FB-DC-M	69,160	71,343	82,736	94,129	96,311	6,926	77,308	78,947	87,500	96,053	97,692	5,200	-6,080	175,266	0,0000
141	FB-DC-F	74,373	76,322	86,492	96,663	98,611	6,183	81,656	82,885	89,300	95,715	96,944	3,900	-4,419	208,044	0,0000
142	LR-DC-CMP	79,854	80,870	86,178	91,485	92,502	3,227									
143	FB-DC-CMP	74,006	75,428	82,851	90,275	91,697	4,513									
144	DC-CMP	78,062	79,100	84,515	89,930	90,967	3,292									
145	LSV-EO	0,304	0,344	0,553	0,762	0,802	0,127	0,308	0,371	0,700	1,029	1,092	0,200	-5,877	96,426	0,0000
146	LSV-EC	0,849	0,941	1,423	1,905	1,997	0,293	0,528	0,749	1,900	3,051	3,272	0,700	-5,674	83,000	0,0000
147	RSV-EO	0,329	0,370	0,580	0,791	0,832	0,128	0,504	0,536	0,700	0,864	0,896	0,100	-8,059	168,519	0,0000
148	RSV-EC	0,848	0,948	1,470	1,993	2,093	0,318	0,628	0,849	2,000	3,151	3,372	0,700	-6,268	84,773	0,0000
149	SV-EO-CMP	0,297	0,340	0,567	0,793	0,837	0,138									0,0000
150	SV-EC-CMP	0,729	0,844	1,447	2,049	2,165	0,366									0,0000
151	LSV-CMP	0,466	0,550	0,988	1,426	1,510	0,266									0,0000
152	RSV-CMP	0,463	0,554	1,025	1,497	1,587	0,287									0,0000
153	SV-CMP	0,717	0,764	1,007	1,250	1,296	0,148	0,320	0,478	1,300	2,122	2,280	0,500	-4,963	77,937	0,0000
154	LWBS-0	44,078	45,193	51,016	56,838	57,953	3,540									
155	RWBS-0	42,047	43,162	48,984	54,807	55,922	3,540									

156	LWBS-30	43,026	44,142	49,964	55,786	56,901	3,540									
157	RWBS-30	43,099	44,214	50,036	55,858	56,974	3,540									
158	LWBS-60	43,477	44,592	50,415	56,237	57,352	3,540									
159	RWBS-60	42,648	43,763	49,585	55,408	56,523	3,540									
160	LWBS-90	43,332	44,447	50,269	56,092	57,207	3,540									
161	RWBS-90	42,793	43,908	49,731	55,553	56,668	3,540									
162	LWBS-CMP	45,266	46,094	50,416	54,738	55,566	2,628									
163	RWBS-CMP	44,434	45,262	49,584	53,906	54,734	2,628									
164	TUP-1	40,696	46,267	75,347	104,427	109,998	17,679	-4,255	10,038	84,645	159,252	173,545	45,358	-1,600	69,450	0,1141
165	TUP-2	36,335	40,934	64,938	88,942	93,540	14,593	16,613	24,644	66,563	108,482	116,513	25,485	-0,484	77,146	0,6294
166	TUP-3	33,851	37,904	59,062	80,220	84,273	12,863	18,954	25,940	62,406	98,872	105,858	22,170	-1,144	77,533	0,2560
167	TUP-4	30,848	35,106	57,332	79,558	83,815	13,512	28,607	32,750	54,375	76,000	80,143	13,147	1,548	110,422	0,1244
168	TUP-5	31,199	34,802	53,611	72,421	76,024	11,435	27,152	31,323	53,094	74,865	79,036	13,236	0,280	96,115	0,7801
169	TDN-1	30,093	33,511	51,347	69,184	72,601	10,844	8,688	19,532	76,138	132,744	143,588	34,414	-5,670	67,193	0,0000
170	TDN-2	25,482	28,350	43,321	58,292	61,160	9,102	20,950	24,889	45,455	66,021	69,960	12,503	-1,259	86,213	0,2114
171	TDN-3	24,051	26,864	41,549	56,234	59,048	8,928	18,535	21,938	39,697	57,456	60,859	10,797	1,239	93,235	0,2184
172	TDN-4	23,000	25,931	41,228	56,525	59,455	9,300	16,801	20,048	37,000	53,952	57,199	10,306	2,912	99,242	0,0044
173	TDN-5	22,362	25,194	39,979	54,764	57,597	8,989	19,131	21,819	35,848	49,877	52,565	8,529	3,313	112,928	0,0012
174	TUP-CMP	44,485	47,310	62,058	76,806	79,631	8,966									
175	TDN-CMP	28,543	30,946	43,485	56,024	58,427	7,623									
176	ADT-CMP	37,619	40,056	52,772	65,487	67,924	7,731									

Legenda: modře jsou označeny hodnoty norm AN; zeleně jsou označeny signifikantní výsledky ( $p < 0,005$ )

#### IV. Příloha č. 4 - SMEQ - reliabilita parametrů

Tabulka 34: Reliabilita jednotlivých parametrů testovacích protokolů SMEQ, (n=9)

číslo	designation	Pearson r	P-value korelace
1	RT.F	-0,6941	0,0561
2	RT.RF	0,3142	0,4484
3	RT.R	0,6551	0,0779
4	RT.RB	-0,0641	0,8801
5	RT.B	0,3783	0,3555
6	RT.LB	0,0350	0,9344
7	RT.L	-0,1637	0,6985
8	RT.LF	0,0578	0,8918
9	aRT	0,2561	0,5403
10	sdRT	0,8816	0,0038
11	aRT.F	-0,0436	0,9183
12	sdRT.F	0,6020	0,1143
13	aRT.L	0,1906	0,6513
14	sdRT.L	0,2924	0,4822
15	aRT.R	0,4126	0,3097
16	sdRT.R	0,5469	0,1607
17	aRT.B	0,3441	0,4040
18	sdRT.B	0,1962	0,6415
19	RT.CMP	0,2561	0,5403
20	sdRT.CMP	0,6242	0,0981
21	MVL.F	0,5412	0,1660
22	MVL.RF	0,6112	0,1074
23	MVL.R	0,5171	0,1894
24	MVL.RB	0,5253	0,1812
25	MVL.B	0,2772	0,5063
26	MVL.LB	0,5127	0,1938
27	MVL.L	0,4692	0,2409
28	MVL.LF	0,1087	0,7978
29	aMVL	0,7216	0,0433
30	sdMVL	0,0603	0,8872
31	aMVL.F	0,4698	0,2402
32	sdMVL.F	0,0106	0,9802
33	aMVL.L	0,8328	0,0103
34	sdMVL.L	-0,1433	0,7350
35	aMVL.R	0,6296	0,0944
36	sdMVL.R	0,6397	0,0876
37	aMVL.B	0,5057	0,2010
38	sdMVL.B	0,0826	0,8458
39	MVL.CMP	0,6744	0,0666
40	sdMVL.CMP	-0,1694	0,6884
41	DCL.F	0,8701	0,0050
42	DCL.RF	0,7934	0,0188

43	DCL.R	0,2457	0,5575
44	DCL.RB	0,7461	0,0335
45	DCL.B	0,8768	0,0043
46	DCL.LB	0,8730	0,0046
47	DCL.L	0,7061	0,0503
48	DCL.LF	0,7310	0,0394
49	aDCL	0,6590	0,0755
50	sdDCL	0,6132	0,1059
51	aDCL.F	0,9531	0,0002
52	sdDCL.F	0,7926	0,0190
53	aDCL.L	0,8123	0,0143
54	sdDCL.L	0,4885	0,2194
55	aDCL.R	0,7777	0,0231
56	sdDCL.R	0,8192	0,0128
57	aDCL.B	0,7899	0,0197
58	sdDCL.B	0,5429	0,1644
59	DCL.CMP	0,8220	0,0123
60	sdDCL.CMP	0,2815	0,4995
61	EPE.F	0,5213	0,1852
62	EPE.RF	-0,0405	0,9242
63	EPE.R	0,0549	0,8973
64	EPE.RB	0,7601	0,0286
65	EPE.B	0,5885	0,1248
66	EPE.LB	0,7232	0,0426
67	EPE.L	-0,3699	0,3671
68	EPE.LF	0,6803	0,0634
69	aEPE	0,8448	0,0083
70	sdEPE	0,5914	0,1226
71	aEPE.F	0,5969	0,1182
72	sdEPE.F	0,4645	0,2463
73	aEPE.L	0,5375	0,1695
74	sdEPE.L	0,7962	0,0181
75	aEPE.R	0,4329	0,2841
76	sdEPE.R	0,6665	0,0711
77	aEPE.B	0,7000	0,0532
78	sdEPE.B	-0,2348	0,5757
79	EPE.CMP	0,8486	0,0077
80	sdEPE.CMP	0,0580	0,8916
81	MXE.F	0,9287	0,0009
82	MXE.RF	0,4190	0,3015
83	MXE.R	0,9413	0,0005
84	MXE.RB	0,6991	0,0537
85	MXE.B	0,7900	0,0197
86	MXE.LB	0,7096	0,0487
87	MXE.L	0,5584	0,1503
88	MXE.LF	0,5057	0,2010
89	aMXE	0,9580	0,0002
90	sdMXE	0,6994	0,0535
91	aMXE.F	0,9010	0,0023



92	sdMXE.F	0,6849	0,0609
93	aMXE.L	0,7845	0,0212
94	sdMXE.L	0,6075	0,1102
95	aMXE.R	0,9084	0,0018
96	sdMXE.R	0,4224	0,2971
97	aMXE.B	0,8937	0,0028
98	sdMXE.B	0,3047	0,4631
99	MXE.CMP	0,9622	0,0001
100	sdMXE.CMP	0,3068	0,4599
101	EQL1.T1	-0,0317	0,9405
102	EQL1.T2	-0,0601	0,8877
103	EQL1.T3	-0,3593	0,3821
104	aEQL1	-0,1771	0,6749
105	sdEQL1	0,0018	0,9966
106	EQL2.T1	0,5732	0,1375
107	EQL2.T2	-0,2683	0,5206
108	EQL2.T3	-0,0910	0,8303
109	aEQL2	-0,3391	0,4113
110	sdEQL2	0,0674	0,8741
111	EQL3.T1	-0,0314	0,9411
112	EQL3.T2	0,4583	0,2534
113	EQL3.T3	0,4170	0,3040
114	aEQL3	0,5615	0,1475
115	sdEQL3	0,0124	0,9767
116	EQL4.T1	0,4600	0,2514
117	EQL4.T2	0,1956	0,6425
118	EQL4.T3	0,4733	0,2362
119	aEQL4	0,5757	0,1353
120	sdEQL4	0,1402	0,7405
121	EQL5.T1	0,8677	0,0052
122	EQL5.T2	0,1707	0,6861
123	EQL5.T3	0,7039	0,0513
124	aEQL5	0,7699	0,0254
125	sdEQL5	0,1175	0,7817
126	EQL6.T1	-0,0641	0,8801
127	EQL6.T2	0,5915	0,1225
128	EQL6.T3	0,3313	0,4227
129	aEQL6	0,2771	0,5064
130	sdEQL6	-0,3469	0,3999
131	RAT.SOM	-0,3876	0,3427
132	RAT.VIZ	0,6148	0,1048
133	RAT.VEST	0,7056	0,0505
134	RAT.PREF	0,7675	0,0262
135	EQL.CMP	0,5242	0,1823
136	EQL.NORM	NA	NA
137	STRA1.T1	-0,0332	0,9378
138	STRA1.T2	-0,0751	0,8597
139	STRA1.T3	-0,1444	0,7329
140	aSTRA1	-0,3737	0,3618
141	sdSTRA1	-0,4729	0,2366
142	STRA2.T1	0,8168	0,0133
143	STRA2.T2	0,5496	0,1582
144	STRA2.T3	0,2051	0,6262

145	aSTRA2	0,4870	0,2209
146	sdSTRA2	-0,0516	0,9035
147	STRA3.T1	-0,1680	0,6909
148	STRA3.T2	0,1990	0,6365
149	STRA3.T3	-0,2431	0,5618
150	aSTRA3	0,0658	0,8770
151	sdSTRA3	-0,0872	0,8373
152	STRA4.T1	-0,1549	0,7141
153	STRA4.T2	0,0605	0,8868
154	STRA4.T3	0,0824	0,8462
155	aSTRA4	0,1470	0,7283
156	sdSTRA4	-0,1419	0,7375
157	STRA5.T1	0,3266	0,4298
158	STRA5.T2	-0,3219	0,4369
159	STRA5.T3	0,2025	0,6305
160	aSTRA5	0,1083	0,7984
161	sdSTRA5	-0,2321	0,5802
162	STRA6.T1	-0,3401	0,4098
163	STRA6.T2	-0,1667	0,6931
164	STRA6.T3	-0,3320	0,4218
165	aSTRA6	-0,4297	0,2880
166	sdSTRA6	-0,7907	0,0195
167	COG1M	0,0000	0,0000
168	COG2M	0,0000	0,0000
169	COG3M	0,0000	0,0000
170	COG4M	0,0000	0,0000
171	COG5M	0,0000	0,0000
172	COG6M	0,0000	0,0000
173	WS.B.S	0,5926	0,1216
174	LLT.B.S	0,7559	0,0300
175	RLT.B.S	0,6279	0,0955
176	LAM.B.S	0,9392	0,0005
177	RAM.B.S	0,7672	0,0263
178	SS.B.S	0,6713	0,0683
179	WS.B.M	0,4381	0,2776
180	LLT.B.M	0,8023	0,0166
181	RLT.B.M	0,6810	0,0630
182	LAM.B.M	0,9227	0,0011
183	RAM.B.M	0,6145	0,1050
184	SS.B.M	0,1999	0,6350
185	WS.B.L	0,3755	0,3593
186	LLT.B.L	0,8065	0,0156
187	RLT.B.L	0,8083	0,0152
188	LAM.B.L	0,6207	0,1006
189	RAM.B.L	0,5406	0,1665
190	SS.B.L	0,5998	0,1160
191	WS.F.S	0,3362	0,4155
192	LLT.F.S	0,4956	0,2117
193	RLT.F.S	-0,3869	0,3437
194	LAM.F.S	0,8414	0,0088
195	RAM.F.S	0,2037	0,6286
196	SS.F.S	0,1680	0,6909
197	WS.F.M	0,5075	0,1992

198	LLT.F.M	0,9389	0,0005
199	RLT.F.M	0,5235	0,1831
200	LAM.F.M	0,4764	0,2327
201	RAM.F.M	0,5776	0,1337
202	SS.F.M	0,2536	0,5446
203	WS.F.L	0,6134	0,1058
204	LLT.F.L	0,2541	0,5438
205	RLT.F.L	0,6929	0,0567
206	LAM.F.L	0,9031	0,0021
207	RAM.F.L	0,8045	0,0160
208	SS.F.L	-0,1697	0,6879
209	LAT.CMP	0,5614	0,1477
210	aLR.V.S	0,2717	0,5150
211	aLR.V.M	0,1461	0,7300
212	aLR.V.F	0,8219	0,0123
213	aFB.V.S	0,4866	0,2215
214	aFB.V.M	0,4029	0,3223
215	aFB.V.F	0,0324	0,9394
216	aLR.DC.S	-0,0146	0,9726
217	aLR.DC.M	0,5718	0,1387
218	aLR.DC.F	0,3414	0,4079
219	aFB.DC.S	0,4962	0,2110
220	aFB.DC.M	0,7828	0,0216
221	aFB.DC.F	0,3083	0,4576
222	LSV.EO.T1	0,5774	0,1340
223	LSV.EO.T2	0,7877	0,0203
224	LSV.EO.T3	0,7916	0,0192
225	LSV.EC.T1	0,1116	0,7925
226	LSV.EC.T2	-0,0995	0,8147
227	LSV.EC.T3	0,5009	0,2061
228	RSV.EO.T1	0,7592	0,0289
229	RSV.EO.T2	0,2641	0,5273
230	RSV.EO.T3	0,6061	0,1112
231	RSV.EC.T1	0,9968	0,0000
232	RSV.EC.T2	0,3351	0,4172
233	RSV.EC.T3	0,8460	0,0081
234	aLSV.EO	0,8936	0,0028
235	sdLSV.EO	0,5357	0,1712
236	aLSV.EC	0,4624	0,2487
237	sdLSV.EC	0,5556	0,1528
238	aRSV.EO	0,6124	0,1065
239	sdRSV.EO	0,5802	0,1316
240	aRSV.EC	0,9776	0,0000
241	sdRSV.EC	0,9963	0,0000
242	aSV.EO.dif	-0,3363	0,4153
243	sdSV.EO.dif	-0,0001	0,9998
244	aSV.EC.dif	-0,3639	0,3756
245	sdSV.EC.dif	-0,1804	0,6689
246	LWBS.0	0,6086	0,1094
247	LWBS.30	0,6776	0,0648
248	LWBS.60	0,8749	0,0044
249	LWBS.90	0,3299	0,4249
250	RWBS.0	0,6086	0,1094

251	RWBS.30	0,6776	0,0648
252	RWBS.60	0,8749	0,0044
253	RWBS.90	0,3299	0,4249
254	aLWBS	0,9208	0,0012
255	sdLWBS	0,4426	0,2722
256	aRWBS	0,9208	0,0012
257	sdRWBS	0,4426	0,2722
258	TUP.1	0,5691	0,1410
259	TUP.2	-0,3167	0,4447
260	TUP.3	-0,2429	0,5621
261	TUP.4	0,0519	0,9028
262	TUP.5	0,3057	0,4616
263	aTUP	0,0971	0,8191
264	sdTUP	0,0787	0,8531
265	TDN.1	0,1038	0,8069
266	TDN.2	-0,3558	0,3870
267	TDN.3	0,4284	0,2897
268	TDN.4	0,6020	0,1143
269	TDN.5	0,7442	0,0342
270	aTDN	0,2322	0,5800
271	sdTDN	-0,0684	0,8721

Legenda: designation – parametr; zeleně jsou označeny hodnoty koeficientu ( $r > 0,8$ ); červeně jsou označeny signifikantní výsledky ( $p > 0,05$ )

## V. Příloha č. 5 - SMEQ - vstupní data-set (výběr 10ti jedinců)

Tabulka 35: SMEQ – vstupní data-set pro stanovení norm AN; ilustrační výběr jedinců (n=10) z (n=245)

ozn	g	RT-F	RT-RF	RT-R	RT-RE	RT-B	RT-LB	RT-L	RT-LF	aRT	sdRT	aRT-F	sdRT-	aRT-L	sdRT-	aRT-R	sdRT-	aRT-E	sdRT-	RT-CN	sdRT-	MVL-l	MVL-l	MVL-l	MVL-l
21CJ	0	0,470	0,410	0,400	0,410	0,440	0,520	0,440	0,460	0,444	0,037	0,453	0,026	0,465	0,034	0,405	0,005	0,453	0,046	0,444	0,015	9,400	10,300	12,200	11,500
22KM	0	0,430	0,400	0,410	0,420	0,380	0,440	0,430	0,430	0,418	0,019	0,423	0,014	0,433	0,005	0,410	0,008	0,405	0,025	0,418	0,008	9,200	10,900	7,300	10,400
23LB	0	0,430	0,390	0,450	0,220	0,390	0,430	0,470	0,480	0,408	0,077	0,433	0,037	0,463	0,022	0,378	0,097	0,358	0,091	0,408	0,033	11,500	15,800	8,400	9,700
24OH	0	0,450	0,440	0,410	0,430	0,390	0,490	0,440	0,450	0,438	0,028	0,448	0,005	0,455	0,022	0,423	0,012	0,425	0,041	0,438	0,014	9,100	14,400	12,100	8,800
26UL	1	0,100	1,600	1,040	0,610	0,480	0,610	0,830	0,590	0,733	0,414	0,598	0,625	0,715	0,109	1,073	0,405	0,545	0,061	0,733	0,229	3,100	3,200	5,000	4,900
27KL	1	0,980	0,830	0,670	0,530	0,630	0,490	0,600	0,700	0,679	0,150	0,873	0,114	0,598	0,086	0,675	0,123	0,570	0,059	0,679	0,025	2,600	5,800	3,800	5,700
28HT	1	0,770	0,520	0,470	0,600	0,750	0,540	0,780	0,630	0,633	0,114	0,673	0,102	0,683	0,099	0,515	0,054	0,660	0,088	0,633	0,019	3,000	3,200	8,900	5,300
29KJ	1	0,490	0,530	0,550	0,600	0,530	0,610	0,850	0,680	0,605	0,108	0,548	0,082	0,748	0,101	0,558	0,029	0,568	0,036	0,605	0,030	4,700	5,100	10,900	8,300
30NJ	1	0,490	0,510	0,520	0,510	0,420	0,540	0,360	0,510	0,483	0,057	0,500	0,009	0,443	0,079	0,515	0,005	0,473	0,051	0,483	0,031	5,400	8,400	9,700	10,200
31MO	1	0,560	0,350	0,470	0,610	0,850	0,680	0,650	0,610	0,598	0,138	0,520	0,113	0,648	0,029	0,475	0,106	0,748	0,101	0,598	0,034	7,100	8,600	11,000	6,000

MVL-l	MVL-l	MVL-l	MVL-l	aMVL	sdMV	aMVL	sdMV	aMVL	sdMV	aMVL	sdMV	aMVL	sdMV	MVL-l	sdMV	DCL-F	DCL-F	DCL-F	DCL-R	DCL-E	DCL-L	DCL-L	DCL-L	aDCL	sdDCI
4,100	5,000	12,800	9,300	9,325	3,001	9,667	0,450	9,033	3,190	11,333	0,785	6,867	3,297	9,840	1,247	82,000	82,000	81,000	50,000	20,000	59,000	81,000	78,000	66,625	20,988
5,000	6,600	9,600	8,800	8,475	1,886	9,633	0,910	8,333	1,268	9,533	1,592	7,333	2,265	8,994	0,364	89,000	70,000	87,000	43,000	87,000	57,000	83,000	78,000	74,250	15,514
6,400	7,000	13,500	10,800	10,388	3,004	12,700	2,211	10,433	2,666	11,300	3,226	7,700	1,435	11,205	0,383	82,000	69,000	77,000	63,000	57,000	40,000	85,000	79,000	69,000	14,186
4,300	5,400	15,500	11,600	10,150	3,747	11,700	2,165	10,833	4,159	11,767	2,298	6,167	1,915	11,113	0,874	91,000	66,000	84,000	42,000	69,000	50,000	83,000	77,000	70,250	16,029
4,100	4,000	5,500	6,700	4,563	1,134	4,333	1,674	5,400	1,105	4,367	0,826	4,333	0,403	4,666	0,307	78,000	80,000	84,000	64,000	69,000	82,000	82,000	60,000	74,875	8,623
4,000	6,600	8,500	5,200	5,275	1,717	4,533	1,389	6,767	1,352	5,100	0,920	5,433	1,078	5,419	0,283	90,000	67,000	90,000	90,000	75,000	87,000	75,000	71,000	80,625	8,985
5,400	4,100	4,900	6,100	5,113	1,755	4,100	1,417	5,033	0,822	5,800	2,354	4,933	0,591	5,011	0,555	92,000	90,000	81,000	75,000	23,000	77,000	90,000	78,000	75,750	20,879
5,600	3,900	9,400	6,500	6,800	2,320	5,433	0,772	6,600	2,246	8,100	2,372	5,933	1,812	6,733	0,669	77,000	84,000	84,000	70,000	49,000	75,000	82,000	86,000	75,875	11,352
4,900	8,300	11,000	6,800	8,088	2,084	6,867	1,226	8,700	1,738	9,433	0,759	7,800	2,192	8,272	0,503	93,000	84,000	85,000	73,000	21,000	41,000	93,000	83,000	71,625	24,693
4,800	6,000	6,000	8,100	7,200	1,847	7,933	0,624	6,700	0,990	8,533	2,042	5,600	0,566	7,592	0,587	89,000	81,000	71,000	75,000	5,000	64,000	80,000	85,000	68,750	25,203

aDCL	sdDCL	aDCL	sdDCL	aDCL	sdDCL	aDCL	sdDCL	DCL-C	sdDCL	EPE-F	EPE-R	EPE-R	EPE-R	EPE-B	EPE-L	EPE-L	EPE-L	aEPE	sdEPE	aEPE	sdEPE	aEPE	sdEPE	aEPE	sdEPE	aEPE	sdEPE
80,667	1,886	72,667	9,741	71,000	14,855	43,000	16,673	72,740	7,005	60,000	104,000	83,000	83,000	36,000	74,000	84,000	110,000	79,250	22,016	91,333	22,291	89,333	15,173	90,000	9,899		
79,000	7,789	72,667	11,264	66,667	18,117	62,333	18,355	73,146	3,955	56,000	96,000	92,000	77,000	30,000	51,000	89,000	101,000	74,000	23,875	84,333	20,138	80,333	21,312	88,333	8,179		
76,667	5,558	68,000	19,950	69,667	5,735	53,333	9,741	70,833	6,064	67,000	113,000	83,000	91,000	38,000	54,000	85,000	108,000	79,875	24,075	96,000	20,607	82,333	22,126	95,667	12,684		
78,000	10,231	70,000	14,353	64,000	17,205	53,667	11,324	70,563	2,641	41,000	98,000	80,000	74,000	45,000	49,000	96,000	109,000	74,000	24,688	82,667	29,803	84,667	25,773	84,000	10,198		
72,667	8,994	74,667	10,371	76,000	8,641	71,667	7,587	74,552	0,716	43,000	78,000	62,000	93,000	90,000	125,000	102,000	106,000	87,375	24,279	75,667	25,773	111,000	10,033	77,667	12,658		
76,000	10,033	77,667	6,799	82,333	10,842	84,000	6,481	79,156	1,516	90,000	117,000	108,000	93,000	82,000	108,000	68,000	108,000	96,750	15,385	105,000	11,225	94,667	18,856	106,000	9,899		
86,667	6,182	81,667	5,907	82,000	6,164	58,333	24,998	81,521	6,407	80,000	92,000	78,000	80,000	53,000	83,000	87,000	61,000	76,750	12,306	77,667	12,763	77,000	11,431	83,333	6,182		
82,333	3,859	81,000	4,546	79,333	6,600	64,667	11,264	79,635	2,929	76,000	94,000	89,000	98,000	63,000	94,000	80,000	81,000	84,375	10,897	83,667	7,587	85,000	6,377	93,667	3,682		
86,667	4,497	72,333	22,529	80,667	5,437	45,000	21,417	77,823	9,359	67,000	76,000	82,000	98,000	59,000	88,000	91,000	92,000	81,625	12,559	78,333	10,339	90,333	1,700	85,333	9,286		
85,000	3,266	76,333	8,957	75,667	4,110	48,000	30,735	76,438	8,827	54,000	97,000	81,000	85,000	59,000	79,000	93,000	81,000	78,625	14,088	77,333	17,745	84,333	6,182	87,667	6,799		

aEPE	sdEPE	EPE-C	sdEPE	MXE-I	MXE-I	MXE-I	MXE-I	MXE-I	MXE-I	MXE-I	MXE-I	aMXE	sdMX	aMXE	sdMX	aMXE	sdMX	aMXE	sdMX	aMXE	sdMX	MXE-	sdMX	EQL1	EQL1
64,333	20,369	87,479	5,158	81,000	104,000	86,000	83,000	58,000	75,000	88,000	110,000	85,625	15,173	98,333	12,499	91,000	14,445	91,000	9,274	72,000	10,424	91,490	2,283	90,000	95,000
52,667	19,224	81,750	6,041	74,000	96,000	93,000	77,000	57,000	63,000	89,000	101,000	81,250	14,990	90,333	11,728	84,333	15,861	88,667	8,340	65,667	8,380	86,146	2,966	93,000	93,000
61,000	22,196	88,469	4,329	77,000	113,000	93,000	91,000	46,000	61,000	85,000	108,000	84,250	21,123	99,333	15,923	84,667	19,189	99,000	9,933	66,000	18,708	91,813	4,244	93,000	89,000
56,000	12,832	81,333	7,418	78,000	103,000	91,000	75,000	57,000	81,000	96,000	109,000	86,250	15,786	96,667	13,425	95,333	11,441	89,667	11,470	71,000	10,198	91,979	1,783	96,000	96,000
102,667	15,839	87,927	6,923	101,000	108,000	107,000	93,000	108,000	125,000	102,000	106,000	106,250	8,511	105,000	2,944	111,000	10,033	102,667	6,848	108,667	13,072	106,229	2,642	92,000	96,000
94,333	10,656	100,604	3,532	93,000	117,000	108,000	104,000	101,000	117,000	102,000	112,000	106,750	7,838	107,333	10,339	110,333	6,236	109,667	5,437	107,333	6,944	108,521	1,872	91,000	92,000
72,000	13,491	78,688	2,635	90,000	96,000	92,000	89,000	73,000	97,000	93,000	92,000	90,250	6,996	92,667	2,494	94,000	2,160	92,333	2,867	86,333	9,978	92,313	1,959	95,000	92,000
85,000	15,642	86,677	2,591	92,000	96,000	92,000	98,000	76,000	94,000	92,000	92,000	91,500	6,225	93,333	1,886	92,667	0,943	95,333	2,494	89,333	9,568	93,208	2,005	96,000	97,000
81,667	16,540	83,906	4,084	100,000	87,000	95,000	99,000	70,000	88,000	93,000	99,000	91,375	9,313	95,333	5,907	93,333	4,497	93,667	4,989	85,667	11,954	93,427	1,880	89,000	96,000
74,333	11,116	81,990	4,892	94,000	105,000	96,000	89,000	86,000	88,000	93,000	99,000	93,750	5,868	99,333	4,497	93,333	4,497	96,667	6,549	87,667	1,247	95,771	0,889	96,000	93,000

EQL1	aEQL	sdEQL	EQL2	EQL2	EQL2	aEQL	sdEQL	EQL3	EQL3	EQL3	aEQL	sdEQL	EQL4	EQL4	EQL4	aEQL	sdEQL	EQL5	EQL5	EQL5	aEQL	sdEQL	EQL6	EQL6	EQL6
96,000	93,667	2,625	94,000	89,000	91,000	91,333	2,055	78,000	89,000	91,000	86,000	5,715	84,000	93,000	88,000	88,333	3,682	81,000	78,000	80,000	79,667	1,247	66,000	81,000	76,000
91,000	92,333	0,943	94,000	89,000	88,000	90,333	2,625	90,000	93,000	89,000	90,667	1,700	89,000	90,000	90,000	89,667	0,471	83,000	89,000	89,000	87,000	2,828	72,000	89,000	89,000
93,000	91,667	1,886	89,000	92,000	94,000	91,667	2,055	93,000	93,000	94,000	93,333	0,471	88,000	94,000	94,000	92,000	2,828	76,000	74,000	74,000	74,667	0,943	83,000	84,000	72,000
98,000	96,667	0,943	96,000	94,000	93,000	94,333	1,247	89,000	91,000	93,000	91,000	1,633	93,000	95,000	92,000	93,333	1,247	83,000	81,000	82,000	82,000	0,816	84,000	82,000	84,000
96,000	94,667	1,886	94,000	96,000	96,000	95,333	0,943	96,000	94,000	95,000	95,000	0,816	81,000	87,000	82,000	83,333	2,625	72,000	67,000	68,000	69,000	2,160	76,000	61,000	40,000
95,000	92,667	1,700	93,000	94,000	92,000	93,000	0,816	86,000	95,000	94,000	91,667	4,028	74,000	86,000	86,000	82,000	5,657	75,000	63,000	62,000	66,667	5,907	76,000	51,000	82,000
97,000	94,667	2,055	95,000	96,000	93,000	94,667	1,247	97,000	94,000	95,000	95,333	1,247	78,000	81,000	67,000	75,333	6,018	63,000	34,000	57,000	51,333	12,499	40,000	50,000	35,000
96,000	96,333	0,471	96,000	94,000	94,000	94,667	0,943	91,000	90,000	96,000	92,333	2,625	82,000	87,000	58,000	75,667	12,658	42,000	59,000	60,000	53,667	8,260	60,000	45,000	50,000
91,000	92,000	2,944	91,000	95,000	88,000	91,333	2,867	78,000	87,000	94,000	86,333	6,549	59,000	83,000	77,000	73,000	10,198	64,000	70,000	37,000	57,000	14,353	28,000	61,000	78,000
94,000	94,333	1,247	96,000	89,000	96,000	93,667	3,300	85,000	94,000	97,000	92,000	5,099	89,000	85,000	91,000	88,333	2,494	62,000	79,000	59,000	66,667	8,807	78,000	69,000	89,000

aEQL	sdEQJ	RAT-Š	RAT-V	RAT-V	RAT-F	EQL-C	EQL-N	STRA1	STRA1	STRA1	aSTRA	sdSTF	STRA2	STRA2	STRA	Prvni hodnota	STRA3	STRA3	STRA3	aSTRA	sdSTF	STRA4	STRA4	STRA4	
74,333	6,236	0,975	0,943	0,851	0,991	84,000	70,000	97,000	98,000	98,000	97,667	0,471	96,000	94,000	95,000	95,000	0,816	87,000	91,000	97,000	91,667	4,110	85,000	92,000	91,000
83,333	8,014	0,978	0,971	0,942	0,983	88,000	70,000	97,000	95,000	95,000	95,667	0,943	97,000	95,000	94,000	95,333	1,247	92,000	91,000	91,000	91,333	0,471	92,000	84,000	93,000
79,667	5,437	1,000	1,004	0,815	0,906	86,000	70,000	97,000	97,000	98,000	97,333	0,471	97,000	97,000	98,000	97,333	0,471	95,000	95,000	93,000	94,333	0,943	90,000	94,000	94,000
83,333	0,943	0,976	0,966	0,848	0,971	89,000	70,000	98,000	96,000	98,000	97,333	0,943	98,000	97,000	98,000	97,667	0,471	95,000	95,000	95,000	95,000	0,000	89,000	93,000	93,000
59,000	14,765	1,007	0,880	0,729	0,867	79,000	70,000	96,000	98,000	97,000	97,000	0,816	96,000	98,000	97,000	97,000	0,816	93,000	95,000	96,000	94,667	1,247	90,000	91,000	92,000
69,667	13,425	1,004	0,885	0,719	0,875	80,000	70,000	96,000	96,000	98,000	96,667	0,943	95,000	97,000	97,000	96,333	0,943	95,000	98,000	97,000	96,667	1,247	90,000	91,000	91,000
41,667	6,236	1,000	0,796	0,542	0,781	70,000	70,000	95,000	96,000	97,000	96,000	0,816	95,000	97,000	96,000	96,000	0,816	97,000	96,000	95,000	96,000	0,816	91,000	91,000	89,000
51,667	6,236	0,983	0,785	0,557	0,800	72,000	70,000	98,000	98,000	97,000	97,667	0,471	98,000	97,000	98,000	97,667	0,471	97,000	93,000	91,000	93,667	2,494	88,000	93,000	86,000
55,667	20,758	0,993	0,793	0,620	0,833	71,000	70,000	95,000	97,000	90,000	94,000	2,944	95,000	96,000	91,000	94,000	2,160	87,000	91,000	96,000	91,333	3,682	84,000	91,000	91,000
78,667	8,179	0,993	0,936	0,707	0,865	83,000	70,000	98,000	93,000	94,000	95,000	2,160	98,000	97,000	98,000	97,667	0,471	95,000	96,000	98,000	96,333	1,247	90,000	88,000	93,000

aSTRA	sdSTF	STRA3	STRA3	STRA3	aSTRA	sdSTF	STRA3	STRA3	STRA3	aSTRA	sdSTF	COG1	COG2	COG3	COG4	COG5	COG6	WS-B	LLT-B	RLT-B	LAM-I	RAM-I	SS-B-Š	WS-B	LLT-B
89,333	3,091	85,000	87,000	80,000	84,000	2,944	71,000	83,000	81,000	78,333	5,249	0,0;-0,1/	0,0;0,6/0	0,0;-0,6/	0,0;0,0/0	0,0;-0,2/	0,1;0,5/0	103,000	130,000	120,000	3,000	2,000	80,000	102,000	140,000
89,667	4,028	83,000	88,000	89,000	86,667	2,625	86,000	89,000	88,000	87,667	1,247	0,0;-0,1/	0,2;-0,2/	0,5;0,1/0	0,1;0,1/0	0,2;-0,2/	0,1;0,2/0	97,000	130,000	120,000	3,000	3,000	100,000	97,000	140,000
92,667	1,886	87,000	87,000	82,000	85,333	2,357	87,000	91,000	87,000	88,333	1,886	0,1;-0,4/	-0,6;-0,8/	-0,1;-0,2/	0,2;0,1/0	-0,1;-0,3/	0,1;-0,3/	100,000	110,000	150,000	3,000	3,000	100,000	102,000	140,000
91,667	1,886	87,000	84,000	89,000	86,667	2,055	85,000	87,000	81,000	84,333	2,494	0,0;0,0/0	0,1;0,0/0	-0,2;-0,7/	0,0;-0,1/	0,1;-0,2/	0,3;-0,5/	103,000	130,000	140,000	3,000	4,000	114,000	105,000	140,000
91,000	0,816	87,000	81,000	85,000	84,333	2,494	84,000	87,000	77,000	82,667	4,190	0,4;0,4/0	0,0;0,1/	-0,8;0,1/0	0,3;-0,2/	-0,9;-1,1/	-1,3;0,9/	110,000	150,000	150,000	2,000	2,000	100,000	101,000	140,000
90,667	0,471	88,000	83,000	86,000	85,667	2,055	89,000	89,000	90,000	89,333	0,471	-0,3;-0,7/	-0,2;-0,4/	-0,3;-0,2/	-0,2;0,5/	-0,4;0,7/	0,0;0,4/	102,000	150,000	150,000	1,000	1,000	100,000	93,000	150,000
90,333	0,943	84,000	83,000	78,000	81,667	2,625	75,000	87,000	86,000	82,667	5,437	-0,1;1,8/	-0,9;1,3/	-0,8;1,3/	-0,9;1,4/	-0,8;0,7/	-0,8;1,1/	91,000	150,000	150,000	14,000	15,000	103,000	94,000	140,000
89,000	2,944	73,000	73,000	80,000	75,333	3,300	84,000	70,000	83,000	79,000	6,377	-0,2;1,7/	-0,3;1,6/	-0,1;1,1/	-0,6;2/-0	-0,2;0,8/	0,0;0,9/0,8	93,000	150,000	150,000	16,000	15,000	96,000	95,000	130,000
88,667	3,300	73,000	59,000	76,000	69,333	7,409	83,000	86,000	86,000	85,000	1,414	0,1;1,2/-	-0,1;1,2/-	-0,2;2,4/	-0,2;1,6/	-0,2;2/-0	-0,4;1,9/	106,000	140,000	150,000	14,000	11,000	88,000	93,000	130,000
90,333	2,055	88,000	91,000	85,000	88,000	2,449	87,000	88,000	91,000	88,667	1,700	-0,3;0,5/	-0,1;1/-0	-0,2;0,5/	-0,1;1,1/	-0,2;0,5/	-0,6;1,8/	94,000	150,000	140,000	8,000	6,000	85,000	95,000	130,000

RLT-B	LAM-I	RAM-I	SS-B-Š	WS-B	LLT-B	RLT-B	LAM-I	RAM-I	SS-B-Š	WS-B	LLT-F	RLT-F	LAM-I	RAM-I	SS-F-Š	WS-F	LLT-F	RLT-F	LAM-I	RAM-I	SS-F-Š	WS-F	LLT-F	RLT-F	LAM-I
150,000	4,000	5,000	111,000	103,000	110,000	110,000	8,000	8,000	100,000	100,000	150,000	160,000	6,000	5,000	90,000	105,000	130,000	140,000	10,000	10,000	100,000	100,000	120,000	120,000	11,000
130,000	6,000	5,000	90,000	99,000	130,000	120,000	10,000	9,000	94,000	96,000	140,000	130,000	6,000	6,000	100,000	98,000	120,000	120,000	11,000	11,000	100,000	98,000	110,000	110,000	13,000
130,000	4,000	5,000	111,000	104,000	130,000	110,000	5,000	7,000	116,000	105,000	120,000	120,000	5,000	5,000	100,000	101,000	130,000	130,000	10,000	10,000	100,000	102,000	120,000	120,000	12,000
120,000	4,000	5,000	111,000	105,000	120,000	120,000	11,000	9,000	90,000	101,000	130,000	120,000	3,000	5,000	125,000	100,000	120,000	120,000	9,000	8,000	94,000	104,000	120,000	120,000	12,000
140,000	6,000	6,000	100,000	102,000	140,000	130,000	4,000	4,000	100,000	102,000	100,000	150,000	1,000	2,000	133,000	104,000	170,000	130,000	4,000	4,000	100,000	108,000	130,000	130,000	9,000
140,000	3,000	3,000	100,000	104,000	150,000	150,000	6,000	7,000	107,000	100,000	110,000	150,000	1,000	2,000	133,000	101,000	130,000	130,000	4,000	4,000	100,000	97,000	120,000	120,000	4,000
130,000	23,000	20,000	93,000	100,000	120,000	120,000	26,000	20,000	86,000	96,000	150,000	160,000	8,000	5,000	76,000	95,000	130,000	130,000	10,000	8,000	88,000	95,000	130,000	130,000	21,000
130,000	20,000	14,000	82,000	93,000	130,000	130,000	22,000	18,000	90,000	92,000	150,000	150,000	11,000	9,000	90,000	97,000	130,000	120,000	9,000	6,000	80,000	93,000	130,000	130,000	21,000
130,000	11,000	6,000	70,000	95,000	140,000	130,000	15,000	15,000	100,000	97,000	160,000	180,000	2,000	1,000	66,000	91,000	140,000	130,000	8,000	6,000	85,000	95,000	120,000	120,000	19,000
130,000	13,000	12,000	96,000	95,000	130,000	130,000	15,000	13,000	92,000	92,000	150,000	130,000	4,000	1,000	40,000	96,000	120,000	130,000	3,000	2,000	80,000	92,000	120,000	120,000	15,000

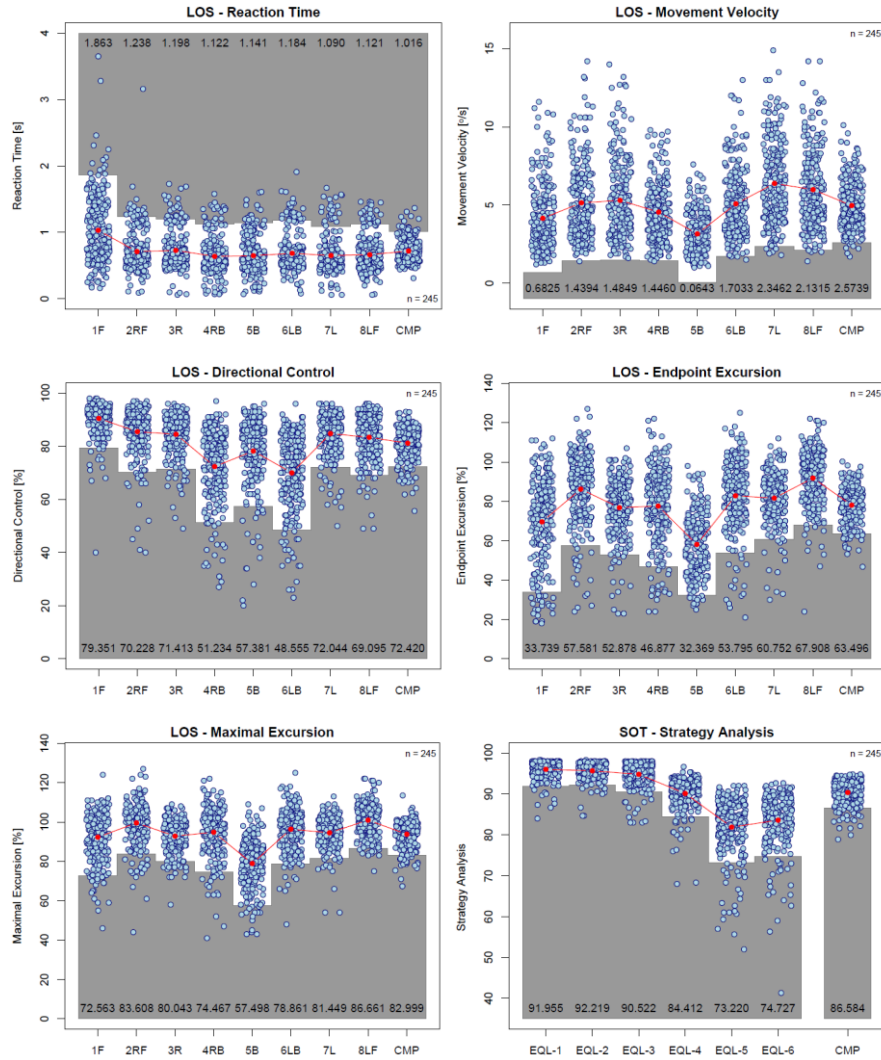
RAM	SS-F	LAT-C	aLR-V	aLR-V	aLR-V	aFB-V	aFB-V	aFB-V	aLR-D	aLR-D	aLR-D	aFB-D	aFB-D	aFB-D	LSV-E	LSV-E	LSV-E	LSV-E	LSV-E	LSV-E	RSV-E	RSV-E	RSV-E	RSV-E	RSV-E
11,000	100,000	128,000	2,500	3,900	6,900	1,400	2,500	4,400	84,000	85,000	88,000	46,000	66,000	85,000	0,800	0,500	0,500	1,100	1,400	1,100	0,800	0,600	0,600	1,200	1,500
12,000	96,000	122,000	2,400	3,600	8,400	1,700	2,800	5,700	87,000	88,000	94,000	66,000	84,000	89,000	0,600	0,500	0,500	0,800	1,000	0,800	0,700	0,500	0,400	0,900	1,100
10,000	90,000	126,000	2,400	3,400	9,100	1,800	3,200	6,200	84,000	85,000	90,000	74,000	83,000	82,000	0,500	0,600	0,500	1,300	1,000	0,700	0,800	0,600	0,500	0,900	0,900
12,000	100,000	122,000	2,800	4,000	6,000	1,700	3,100	5,600	85,000	87,000	91,000	66,000	75,000	85,000	0,500	0,600	0,600	1,600	1,100	0,700	0,600	0,700	0,700	1,000	0,900
10,000	105,000	139,000	3,100	4,900	10,900	2,200	3,300	4,900	71,000	73,000	88,000	87,000	86,000	68,000	0,900	1,100	1,400	1,500	1,200	2,000	1,000	0,700	1,300	12,000	2,300
4,000	100,000	136,000	3,600	5,300	10,600	2,600	3,600	6,400	75,000	81,000	85,000	81,000	79,000	66,000	0,900	1,500	12,000	1,400	1,300	1,300	0,800	1,000	1,100	12,000	2,500
14,000	80,000	129,000	3,100	5,200	10,200	1,700	2,900	5,600	84,000	90,000	93,000	74,000	80,000	83,000	0,600	0,500	0,600	1,500	1,700	1,500	0,800	0,400	0,400	1,600	1,900
19,000	95,000	129,000	3,700	4,900	9,300	2,000	2,800	5,800	87,000	90,000	95,000	82,000	83,000	88,000	0,600	0,400	0,500	1,500	1,400	1,000	0,400	0,400	0,600	1,400	1,000
16,000	91,000	130,000	2,900	4,700	9,800	2,000	3,200	5,300	86,000	89,000	93,000	75,000	75,000	84,000	0,400	0,400	0,500	0,900	0,600	0,600	0,600	0,500	0,500	0,700	0,900
13,000	92,000	126,000	3,200	4,200	8,200	1,900	2,700	3,800	86,000	89,000	94,000	77,000	76,000	65,000	0,600	0,500	0,500	0,900	0,200	0,800	0,600	0,700	0,500	1,200	0,400

RSV-E	aLSV	sdLSV	aLSV	sdLSV	aRSV	sdRSV	aRSV	sdRSV	aSV-E	sdSV	aSV-E	sdSV	LWBS	LWBS	LWBS	LWBS	RWBS	RWBS	RWBS	RWBS	aLWB	sdLW	aRWE	sdRW	TUP-1
1,400	0,600	0,141	1,200	0,141	0,667	0,094	1,367	0,125	5,263	0,061	6,494	0,097	46,000	48,000	49,000	43,000	54,000	52,000	51,000	57,000	46,500	2,291	53,500	2,291	64,000
1,400	0,533	0,047	0,867	0,094	0,533	0,125	1,133	0,205	0,000	0,063	13,333	0,178	57,000	55,000	54,000	54,000	43,000	45,000	46,000	46,000	55,000	1,225	45,000	1,225	68,000
0,800	0,533	0,047	1,000	0,245	0,633	0,125	0,867	0,047	8,571	0,077	7,143	0,120	55,000	60,000	55,000	52,000	45,000	40,000	45,000	48,000	55,500	2,872	44,500	2,872	58,000
1,000	0,567	0,047	1,133	0,368	0,667	0,047	0,967	0,047	8,108	0,082	7,937	0,210	50,000	53,000	50,000	51,000	50,000	47,000	50,000	49,000	51,000	1,225	49,000	1,225	65,000
12,000	1,133	0,205	1,567	0,330	1,000	0,245	8,767	4,573	6,250	0,104	69,677	0,642	44,000	45,000	45,000	43,000	56,000	55,000	55,000	57,000	44,250	0,829	55,750	0,829	48,000
1,400	4,800	5,097	1,333	0,047	0,967	0,125	5,300	4,759	66,474	0,364	59,799	0,393	51,000	52,000	48,000	49,000	49,000	48,000	52,000	51,000	50,000	1,581	50,000	1,581	36,000
1,500	0,567	0,047	1,567	0,094	0,533	0,189	1,667	0,170	3,030	0,151	3,093	0,029	53,000	50,000	52,000	51,000	47,000	50,000	48,000	49,000	51,500	1,118	48,500	1,118	100,000
1,500	0,500	0,082	1,300	0,216	0,467	0,094	1,300	0,216	3,448	0,097	0,000	0,178	53,000	53,000	49,000	44,000	47,000	47,000	51,000	56,000	49,750	3,700	50,250	3,700	106,000
0,600	0,433	0,047	0,700	0,141	0,533	0,047	0,733	0,125	10,345	0,104	2,326	0,108	54,000	49,000	56,000	55,000	46,000	51,000	44,000	45,000	53,500	2,693	46,500	2,693	82,000
1,100	0,533	0,047	0,633	0,309	0,600	0,082	0,900	0,356	5,882	0,056	17,391	0,250	51,000	46,000	47,000	54,000	49,000	54,000	53,000	46,000	49,500	3,202	50,500	3,202	57,000

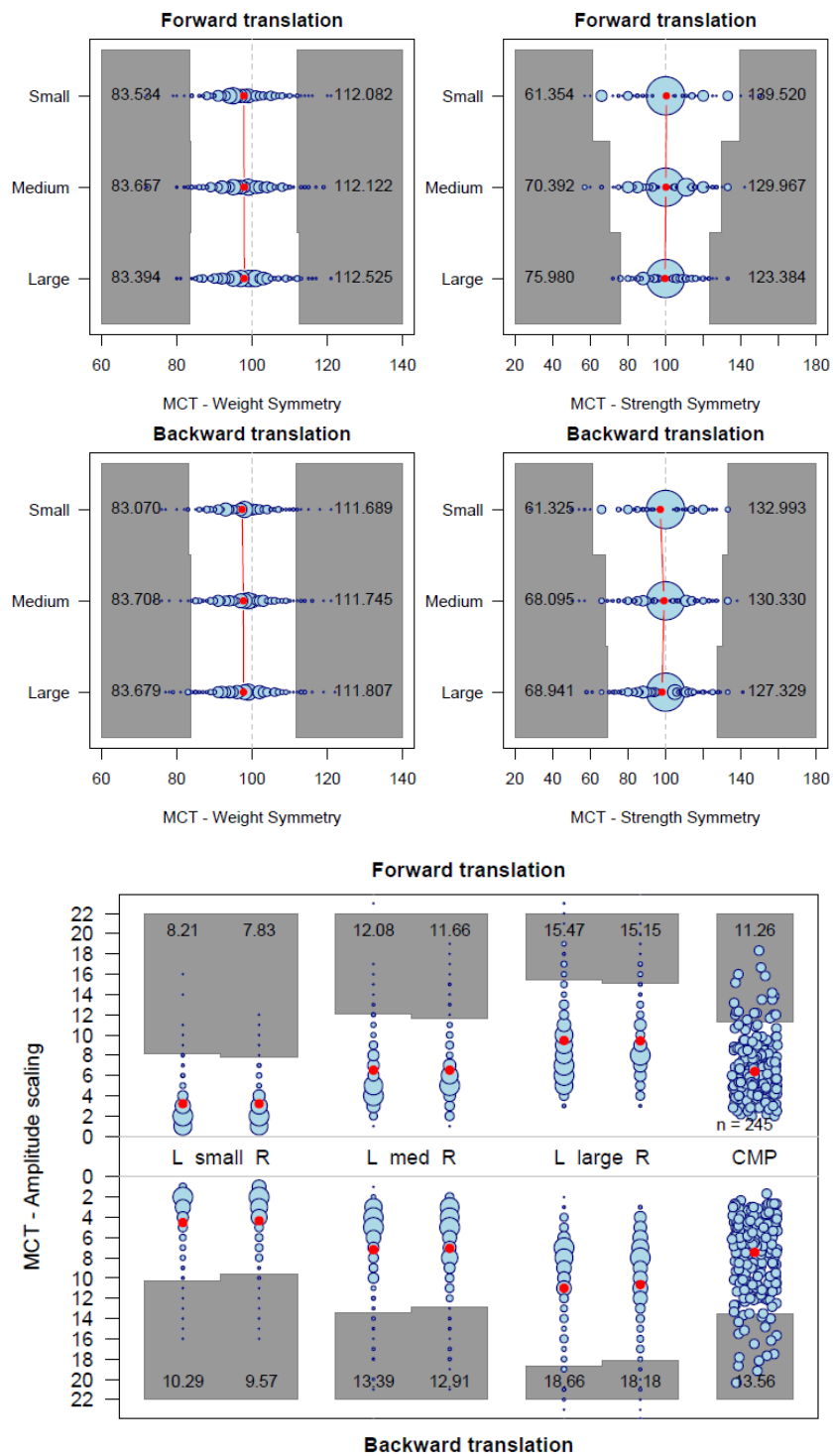
TUP-1	TUP-2	TUP-3	TUP-4	TUP-5	aTUP	sdTUP	TDN-1	TDN-2	TDN-3	TDN-4	TDN-5	aTDN	sdTDN												
64,000	106,000	65,000	101,000	83,000	83,800	17,520	55,000	41,000	46,000	42,000	35,000	43,800	6,615												
68,000	33,000	35,000	40,000	45,000	44,200	12,608	51,000	41,000	42,000	41,000	41,000	43,200	3,919												
58,000	73,000	95,000	58,000	67,000	70,200	13,644	45,000	35,000	33,000	31,000	36,000	36,000	4,817												
65,000	100,000	82,000	89,000	55,000	78,200	16,241	35,000	39,000	44,000	36,000	37,000	38,200	3,187												
48,000	29,000	51,000	46,000	39,000	42,600	7,864	44,000	45,000	34,000	42,000	33,000	39,600	5,083												
36,000	43,000	47,000	52,000	47,000	45,000	5,329	47,000	40,000	35,000	45,000	36,000	40,600	4,758												
100,000	58,000	73,000	49,000	54,000	66,800	18,433	48,000	42,000	38,000	52,000	32,000	42,400	7,088												
106,000	54,000	74,000	45,000	96,000	75,000	23,426	35,000	36,000	34,000	46,000	43,000	38,800	4,792												
82,000	59,000	51,000	48,000	44,000	56,800	13,526	39,000	46,000	31,000	54,000	40,000	42,000	7,668												
57,000	55,000	45,000	54,000	46,000	51,400	4,923	52,000	62,000	36,000	55,000	37,000	48,400	10,249												

## VI. Příloha č. 6 - Grafické znázornění nově stanovených hodnot

Obrázek 36: LOS - Grafické znázornění nově stanovených parametrů; norm AN (n=245), 20-30 let



Obrázek 37: MCT - Grafické znázornění nově stanovených parametrů; norm AN (n=245), 20-30 let





Obrázek 38: RWS - Grafické znázornění nově stanovených parametrů; norm AN (n=245), 20-30 let

