

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2021

Bc. Pavlína Rampouchová

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Vliv specializace vrcholových sportovních gymnastů
a gymnastek na posturální stabilitu**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Helena Vomáčková, Ph.D.

Vypracovala:

Bc. Pavlína Rampouchová

Praha, prosinec 2021

Prohlašuji, že jsem závěrečnou (diplomovou) práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

podpis diplomanta

Poděkování

Ráda bych poděkovala své vedoucí práce Mgr. Heleně Vomáčkové, Ph.D. za její čas při konzultacích, odborné vedení práce a cenné připomínky k tvorbě. Dále děkuji všem probandům, kteří se této diplomové práce zúčastnili.

Abstrakt

Název: Vliv specializace vrcholových sportovních gymnastů a gymnastek na posturální stabilitu.

Cíle: Hlavním cílem této diplomové práce je zhodnotit úroveň posturální stability vrcholových gymnastů a gymnastek pomocí dynamického počítačového posturografu NeuroCom Smart EquiTest System a porovnat naměřená data s kontrolní skupinou běžné populace, která se nevěnuje žádnému sportu na vrcholové úrovni.

Metody: Jedná se o kvantitativní observační studii, které se zúčastnilo celkem 32 probandů ve věku 18-28 let. Probandi byli rozděleni na dvě skupiny. Experimentální skupina byla tvořena vrcholovými gymnasty a gymnastkami (n=16) ve zvoleném věkovém rozmezí 18–27 let, s průměrným věkem 21,38 let. Kontrolní skupinu tvořila běžná populace lidí, kteří se nevěnují žádnému sportu na vrcholové úrovni (n=16) ve věkovém rozmezí 22-28 let s průměrným věkem 25,08 let. Experimentální skupina byla dále rozdělena na jedince s prodělaným úrazem kolenního kloubu (n=8) ve věkovém rozmezí 18-27 let, s průměrným věkem 22,01 let a bez úrazu (n=8) ve věkovém rozmezí 19-24 let, s průměrným věkem 20,75 let. K objektivnímu hodnocení posturální stability byl zvolen přístroj NeuroCom Smart EquiTest System. Samotné měření probíhalo v kineziologické laboratoři na UK FTVS. Z celé sady testů bylo vybráno pět protokolů: *Motor Control Test*, *Adaptation Test*, *Rhythmic Weight Shift*, *Limits of Stability*, *Unilateral Stance*. Při statistické analýze byla zjištěna normalita dat pomocí Kolmogorova-Smirnova testu. Pro určení statistické významnosti využit Mann-Whitney U test a Studentův t-test, stanovení klinické významnosti probíhalo pomocí Cohenova d (ES).

Výsledky: Výsledky testů posturální stability prokázaly mnoho statisticky významných rozdílů ve prospěch sportovních gymnastů. Nejvíce se gymnasté odlišovali v MCT testu - forward – SR (p<0,01), ML (p<0,01), FL (p<0,01), FR (p=0,03); backward – SL (p=0,03), SR (p<0,01), MR (p=0,01), FL (p<0,01), COMP (p<0,01) a dále v LOS testu – MVL (p=0,04), EPE (p<0,01), MXE (p<0,01) a několik významných rozdílů prokazoval také RWS test. V testu ADT a US byly rozdíly mezi skupinami minimální nebo žádné. V testu ADT prokazovala lepší výsledky skupina kontrolní.

Klíčová slova: sportovní gymnastika, posturální stabilita, zranění kolenního kloubu, NeuroCom Smart EquiTest

Abstract

Title: The Effect of Expertise in Elite Artistic Gymnasts on Postural Control

Objective: The main aim of this thesis is to assess the level of postural stability in elite artistic gymnasts using NeuroCom Smart EquiTest System dynamic computer posturograph and to compare the measured data with a control group of people who do not do any elite sport activity.

Methods: In this quantitative observational study were involved 32 probands aged 18-28 years. The probands were divided into two groups. The experimental group consisted of elite male and female gymnasts (n=16) in the selected age range of 18-27 years, with a mean age 21,38 years. The control group consisted of the people who do not do any elite sport activity (n=16) in the age range of 22-28 years, with a mean age of 25,08 years. The experimental group was further divided into individuals with a history of knee injury (n=8) in the age range 18-27 years, with mean age of 22,01 years and without injury (n=8) in the age range 19-24 years with mean age of 20,75 years. The NeuroCom Smart EquiTest System was chosen to objectively assess postural stability. The actual measurements were performed in the kinesiology laboratory at the Faculty of Physical Education and Sport, Charles University. Five protocols were selected from the whole set of tests: *Motor Control Test*, *Adaptation Test*, *Rhythmic Weight Shift*, *Limits of Stability*, *Unilateral Stance*. Statistical analysis was performed using Kolmogorov-Smirnov test to determine normality of data, Mann-Whitney U test and Student's t-test were used to determine statistical significance and Cohen's d (ES) was used to determine clinical significance.

Results: The results of postural stability tests established a lot of statistically significant differences. Gymnasts differed the most in MCT test - forward SR ($p<0,01$), ML ($p<0,01$), FL ($p<0,01$), FR ($p=0,03$); backward – SL ($p=0,03$), SR ($p<0,01$), MR ($p=0,01$), FL ($p<0,01$), COMP ($p<0,01$) and also in LOS test - MVL ($p=0,04$), EPE ($p<0,01$), MXE ($p<0,01$) and several differences were also shown in RWS test. In the ADT and US were only small or none differences. The results of the ADT test were more beneficial for the control group.

Key words: artistic gymnastics, postural stability, knee injury, NeuroCom Smart EquiTest

Obsah

1 Úvod.....	11
2 Teoretická východiska práce	12
2.1 Sportovní gymnastika	12
2.1.1 Fyziologie zátěže při sportovní gymnastice.....	13
2.1.2 Biomechanické aspekty sportovní gymnastiky.....	14
2.1.3 Specifika sportovní gymnastiky.....	15
2.1.4 Nejčastější zranění	18
2.2. Kolenní kloub	22
2.2.1 Anatomie a fyziologie kolenního kloubu.....	23
2.2.3 Poranění měkkých tkání v kolenním kloubu	25
2.3 Postura	25
2.3.1 Posturální funkce	26
2.3.2 Řízení posturálních funkcí	27
2.3.3 Posturální a lokomoční motorika.....	29
2.3.4 Vývoj posturální stability.....	30
2.3.5 Vyšetření posturální stability	31
2.3.6 Specifika posturální stability gymnastů.....	34
3 Metodologie práce	37
3.1 Cíle práce	37
3.2 Úkoly práce.....	37
3.3 Výzkumná otázka	37
3.4 Hypotézy	38
4 Metodika práce	39
4.1 Metodický postup teoretických východisek	39
4.2 Charakteristika výzkumného souboru	39
4.3 Sběr dat	41
4.4 Časový rozvrh výzkumu	41
4.5 Průběh výzkumu	41
4.6 Použité metody	42
4.6.1 NeuroCom Smart Equi Test System.....	43
4.7 Analýza a zpracování dat.....	52
5 Výsledky	54

5.1 Výsledky Motor Control Test (MCT).....	54
5.2 Výsledky Adaptation Test (ADT).....	56
5.3 Výsledky Rhythmic Weight Shift (RWS)	59
5.4 Výsledky Limits of Stability (LOS).....	61
5.6 Výsledky Unilateral Stance (US).....	63
6 Diskuse.....	65
6.1 Diskuze k výzkumné otázce	66
6.2 Diskuze k hypotéze H1	69
6.3 Diskuze k hypotéze H2	72
6.4 Diskuze k hypotéze H3	75
6.5 Limitace výzkumu	78
7 Závěr	80
Seznam použité literatury	81
Seznam obrázků.....	90
Seznam tabulek.....	91
Seznam grafů	92
Seznam příloh	93

Seznam použitých symbolů a zkratek

ACL – anterior cruciate ligamentum

ADT – Adaptation Test

ATP – adenosintrifosfát

B – backward

BMI – body mass index

CDP – Computerised dynamic posturography

CNS – centrální nervová soustava

COF – Center of Force

COG – Center of Gravity

COM – Center of Mass

COP – Center of Pressure

DCL – directional control

EPE – end point

ES – Effect Size

F – forward

L – large

L – left

LB – left backward

LDK – levá dolní končetina

LF – left forward

lig. – ligamentum

LL – latency left

LOS – Limits of Stability

LR – latency right

M – medium

m. – musculus

MAX – maximum

MCL – medial colateral ligamentum

MCT – Motor Control Test

MČR MT – Mistrovství České republiky mistrovské třídy

MED – medián

MIN – minimum

ms – milisekunda
MV – movement velocity
MXE – maximal excursions
OAV – on axis velocity
OH – Olympijské hry
PCL – posterior cruciate ligamentum
PDK – pravá dolní končetina
R – right
RB – right backward
RF – right forward
RT – reaction time
RWS – Rhythmic Weight Shift
s – sekunda
S – small
SD – směrodatná odchylka
SEBT – Star Excursion Balance Test
SOM – somatosensory ratio
SOT – Sensory Organisation Test
US – Unilateral Stance
USA – United States of America
VES – vestibular ratio
VIS – visual ratio
WBS – Weight Bearing Squat

1 Úvod

Pohyb je součástí života každého jedince. Pravidelná pohybová aktivita přispívá k udržení fyzické i psychické kondice a současně pozitivně působí na děje probíhající v lidském těle. Existuje velké množství sportovních odvětví, kterým se lze věnovat a pravidelně se prostřednictvím nich pohybovat. Jedním z nejstarších sportů je sportovní gymnastika. Bývá označována za základ všech sportů. V mnoha zemích světa je typická svou ranou specializací, vysokou fyzickou náročností a velkou četností tréninkových jednotek, a to především pokud se jedná o gymnastiku vrcholovou. Gymnastiku je možné provádět i na rekreační úrovni, což může především v dětském věku velmi přispívat k pestrosti pohybového projevu a následně umožnit snazší pochopení a naučení jiných sportů.

Stát se vrcholovým gymnastou vyžaduje velkou míru vůle, péle, základních pohybových schopností a také mnoha specifických pohybových dovedností, mezi které je řazena také flexibilita. Při tomto sportu se lidské tělo dostává často do abnormálních pozic, je vystavováno velké zátěži, při které na něj působí síly z několika směrů, se kterými musí vhodně pracovat a využívat je k provádění konkrétních prvků. Základem pro jakýkoliv gymnastický prvek je zpevnění a stabilizace, tedy vyvážená aktivita hlubokých i povrchových svalů jednotlivých částí těla. Gymnasté mají specifické držení těla a velmi diferenciované tělní schéma. Každý pohyb, který provádí, je vždy předveden s maximální přesností, ladností, dokonalostí a koncentrovaností. Jelikož jsou součástí mnoha prvků odrazy, dopady, rychlé změny směrů a rotací, je zapotřebí kvalitní posturální stability celého těla.

Konkrétně posturální stabilitu vrcholových gymnastů sleduje tato diplomová práce. Z důvodu komplexnosti a širokého spektra předváděných pohybů zde vzniká předpoklad, že by u gymnastů měla být posturální stabilita na vysoké úrovni. Pouze malé narušení posturální stability gymnasty může nepříznivě ovlivnit celé provedení konkrétního prvku. Při nízké úrovni posturální stability a vysokých nárocích na pohybový projev by mohlo docházet ke vzniku různých úrazů a zranění, která jsou v každém sportu nežádoucí. Pro možnost objektivního zhodnocení je naměřená posturální stabilita gymnastů následně porovnána s kontrolní skupinou, tvořenou členy běžné populace.

2 Teoretická východiska práce

2.1 Sportovní gymnastika

Mezinárodní gymnastická federace popisuje šest gymnastických disciplín: sportovní gymnastika, moderní gymnastika, skoky na trampolíně, akrobacie, aerobik a parkour. Olympijskými sporty jsou z uvedených disciplín: sportovní gymnastika, moderní gymnastika a skoky na trampolíně. Sportovní gymnastika je esteticko-koordinační sport, ve kterém dochází k rovnoměrnému rozvoji základních pohybových schopností, kterými jsou síla, rychlost, vytrvalost a obratnost, a také rozvoji specifických pohybových dovedností. Je kladen důraz na držení těla, kvalitu provedení jednotlivých cviků, přesnost doskoků. Sportovní gymnastika má ve světě dlouholetou tradici a postupem času docházelo k obměnám jejich disciplín, kterými dříve byly také běhy, skoky, šplh či vzpírání. V České republice je sportovní gymnastika spíše menšinový sport, ale například v USA, Rusku, Číně či Japonsku je považována za sport většinový. Dle mezinárodní gymnastické federace je na světě k roku 2018 50 milionů gymnastů (Jemni, 2018; Thomas, 2018).

V dnešní době lze sportovní gymnastiku rozdělit na gymnastiku žen a mužů. Sportovní gymnastika žen má své zastoupení na letních Olympijských hrách od roku 1928 a disciplíny, které se ženských složek týkají, jsou přeskok, bradla o nestejně výši žerdí, kladina a prostná. Ženy předvádí na jednotlivých nářadích sestavy, které jsou složeny ze skladebních požadavků uvedených v závodním programu. V ženských i mužských složkách jsou skladební požadavky tvořeny konkrétními prvky, které lze dělit na statické (váhy, výdrže), dynamické (přelety, složené akrobatické prvky, vruty) a skokové. Dále je u žen specifickou složkou také choreografie. Ženská prostná jsou doprovázena hudbou a hodnotí se zde také umělecký dojem. Trvání jedné sestavy nepřesahuje 90 sekund. Mužská sportovní gymnastika se na letních Olympijských hrách objevila o něco dříve, přesněji v roce 1896. Mezi mužské disciplíny patří prostná, kůň našíř, kruhy, přeskok, bradla a hrazda. Muži rovněž předvádí sestavy, složené dle závodního programu ze specifických skladebních požadavků, které trvají maximálně 70 sekund (Sarichev, 2014; Sarichev 2017; Thomas, 2018).

Ženy i muži jsou za své sestavy hodnoceni kvalifikovanými rozhodčími, kteří dle předvedených prvků sestaví výchozí známku cvičence a následně posuzují

provedení, přesnost, vychýlení, přešlapy a mnoho dalšího. K předvedení nejlepšího výkonu potřebuje mít gymnasta velmi vytríbené vnímání vlastního těla. I nepatrné narušení stability gymnasty může ovlivnit provedení celého konkrétního prvku. Pohybový obsah sportovní gymnastiky je prezentován jako otevřený systém, který je neustále obohacován o nové prvky. Každé čtyři roky, souběžně s Olympijskými hrami, dochází k obměně pravidel. Mění se některé skladební požadavky, hodnoty prvků nebo se nové prvky přidávají. Důvodem změn pravidel je rozšiřování spektra prvků a ovlivnění incidence zranění. Do roku 2006 byla nejvyšší možná známka za předvedenou sestavu 10 bodů. Toto pravidlo se zrušilo a nastal nový systém bodování, založený na kombinaci počtu bodů z obtížnosti a srážek. Náročnější prvky mají vyšší hodnoty bodů, které se sčítají, následně se od nich odečítá hodnota srážek (například za skrčená kolena, lokty, krok navíc, pád) a poté vznikne finální známka (Hart, 2018; Sarichev, 2014; Sarichev 2017; Thomas, 2018).

2.1.1 Fyziologie zátěže při sportovní gymnastice

Sestavy ve sportovní gymnastice mají různé délky trvání. Nejkratší dobu trvá přeskok, to je pouze 6 s, a nejdelsí dobu trvá sestava na prostných, u žen 90 s a u mužů 70 s. Délky trvání na ostatních náradích se pohybují v rozmezí mezi těmito hodnotami. Charakter a doba trvání pohybové aktivity již napovídá o typu zátěže, který při sportovní gymnastice převládá. Je jím rychlostně-vytrvalostní zátěž. Obecně se udává, že v tomto typu zátěže dominuje vyšší intenzita a krátká doba trvání, která má časové rozmezí přibližně mezi 45 a 60 s. Během tohoto poměrně krátkého intervalu dochází k obnově potřebných látek pomocí anaerobního metabolismu prostřednictvím anaerobní glykolýzy. Jako zdroj k obnově ATP je využívána především glukóza. Anaerobní metabolismus je limitován akumulací vodíkových iontů, jejichž přítomnost vyvolává zvýšenou aciditu a přítomnost laktátu (kyseliny mléčné) ve svalu již za několik minut od započetí intenzivní zátěže. Laktát je v podstatě přírodní produkt anaerobní glykolýzy. Kyselé prostředí ve svalu působí jako rušivý element a vytváří postupně se zvyšující svalovou únavu, která vede ke snížení fyzické výkonnosti. Snížení efektivity svalové kontrakce může ovlivnit technické provedení daného prvku především v artistických sportech, jako je gymnastika. Gymnasté jsou hodnoceni za to, jak dobře jejich cvičení vypadá, a nikoliv za to, kolik obtížných prvků dokážou předvést. Jakákoliv nedokonalost je penalizována, i za drobný krok například při doskoku z dvojného salta s vruty na prostných jsou gymnastovi strženy desetiny bodu. Z toho

vyplývá, že gymnasté jsou schopni závodit pod vysokým metabolickým stresem (Jemni, 2018; Vilikus, 2012).

2.1.2 Biomechanické aspekty sportovní gymnastiky

Biomechanika hraje důležitou roli nejen v gymnastice, ale i ve všech ostatních sportech. Jde zde o biomechaniku pohybu lidského těla, tedy o studium techniky provedení konkrétního pohybu a jeho rozfázování do několika částí. K tomu slouží například kinematická analýza, video či další metody, snímající pohyb lidského těla. Následně může trenér, například pomocí video rozboru prováděného pohybu, nalézt jisté odchylky, se kterými lze pracovat a kvalitu výkonu sportovce zvýšit. Právě ve sportovní gymnastice je z důvodu složitosti a komplexnosti prováděných cviků vhodná metoda rozfázování prvků využívat. Pro každý gymnastický prvek existují metodické řady, pomocí kterých lze sportovce daný prvek technicky správně naučit. Nejnáročnější prvky se skládají často i z několika salt a vrutů dohromady a pro trenéra může být obtížné správně identifikovat nejasnosti v jeho technickém provedení. Pouhým okem je totiž náročné tyto detaily spatřit. Také se stává, že gymnasta určitou technickou chybu provádí již dlouhou dobu předtím, než je možné ji identifikovat. Některé odchylky v provedení lze při soustředěném pozorování spatřit, sportovce na ně upozornit a následně jej korigovat. Například pokud provede gymnasta technicky špatně salto na prostných, je často chyba spatřitelná již při odrazu do salta nebo také při provádění prvku, který mu předcházela (Dallas, 2017; Jemni, 2018; Nyman, 2020).

Biomechaniku lze rozdělit na dvě hlavní části. První je kinematika, která se zabývá kompletním popisem pohybu a polohy tělesa, rychlosti a zrychlení. Kinematika je nejvíce viditelnou složkou pohybového projevu jedince. Druhou částí je kinetika, která v konceptu pohybu uvažuje přítomnost sil, které daný pohyb způsobují nebo doprovází. Tyto síly nejsou viditelné (Jemni, 2018).

Lidské tělo, které pravidelně podstupuje trénink sportovní gymnastiky od útlého věku, se v průběhu času specificky formuje. Pro ženy, gymnastky, jsou typické některé biomechanické adaptace jednotlivých částí těla v oblasti ramen, boků či bederní části zad. Dalo by se hovořit o znacích gymnastek, kterými jsou především nízký vzrůst, malá váha, zvětšená bederní lordóza, široká ramena a rovné boky. Bylo prokázáno, že výška gymnastky má vliv na biomechanické komponenty komplexních gymnastických

prvků. Nebylo ale prozatím prokázáno, že by zásadně ovlivňovala provádění základních prvků (Wyatt, 2020).

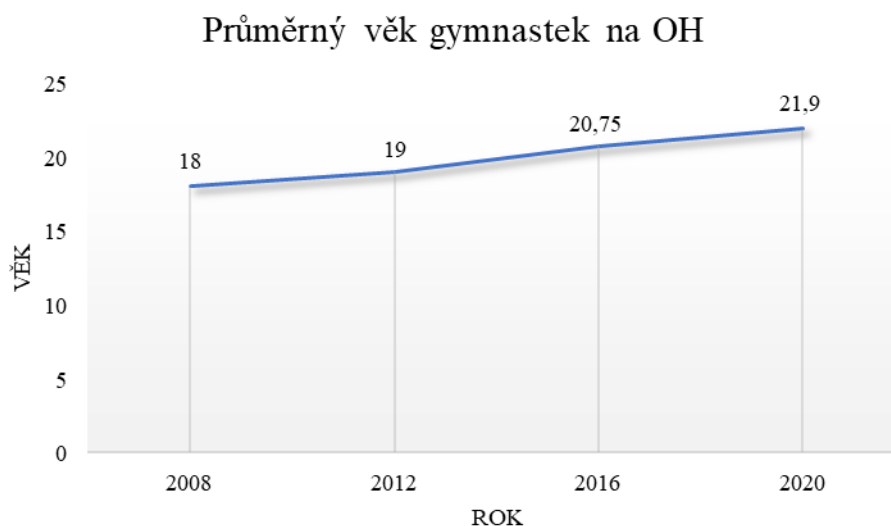
2.1.3 Specifika sportovní gymnastiky

Na gymnastiku bývá nahlíženo z různých pohledů. Někteří jedinci vidí sportovní gymnastiku pozitivně, jako základ všech ostatních sportů a jiní zase negativně, jako sport s významnou ranou specializací, která dětem škodí. V posledních letech se stále více výzkumných souborů zajímá o pojem rané specializace. Definice rané sportovní specializace je významné soustředění a věnování se mladého sportovce pouze jednomu sportu, který celoročně trénuje a závodí v něm. Odborníci, kteří se fyziologickým vývojem sportovců zabývají, se domnívají, že raná specializace v jednom sportu vylučuje důležitou část vývoje dítěte, kterou je účastnění se různých sportovních her, jejichž hlavním účelem je zábava, hra a radost z provádění pohybových aktivit. Nicméně další odborníci jsou toho názoru, že jedinci vykonávající soustředěně jeden sport mají v pozdějším věku výhodu oproti ostatním, kteří s daným sportem začali později. Někteří sportovní trenéři se tedy domnívají, že intenzivním, pravidelným tréninkem od útlého věku dosáhnou jejich svěřenci snadněji na vrcholovou úroveň v daném sportu. Nicméně dle provedených studií a dostupné literatury se tato domněnka nepotvrzuje a raná specializace není prerekvizitou pro to, aby se jedinec stal ve svém sportu elitou (Mosher, 2020; Šalaj, 2019).

Ve světě je ale trend brzkého začátku s gymnastickým tréninkem stále udržován. Ve většině případů začínají děti ve věku 6-7 let. Laing, 2005 ve své studii uvádí ještě dřívejší začátek, a sice 4 roky. U takto mladých dětí není ještě mnoho systémů v těle zcela dozrálých a dochází k jejich ovlivnění daným sportem. Kochanowicz, 2017 ve své studii poukazuje na to, že systematický trénink gymnastů v brzkých školních letech může zvyšovat schopnost koordinace a regulace postury a vlastního těla jako celku (Laing, 2005; Kochanowicz, 2017).

Celosvětově sportovní gymnastiku provádí více sportovců ženského pohlaví ve srovnání s mužským. Při pohledu na vrcholovou sportovní gymnastiku je patrné, že moderním trendem je udržet gymnasty v nejlepší formě co nejdéle a zvyšovat tak věkový průměr na nejvyšších soutěžích. Faktem je, že na olympijských hrách v Tokiu 2020 závodilo poprvé od roku 1968 více gymnastek starších 20 let než na předchozích Olympiádách, kde převládal teenagerovský věk. Současně se také postupně zvedá

průměrný věk na Olympijských hrách. V následujícím Grafu 1 lze vidět křivku průměrného věku na posledních čtyřech OH. V Pekingu 2008 byl průměrný věk gymnastek 18 let, v Londýně 2012 19 let, v Riu de Janieru 2016 20 let a 9 měsíců a v Tokiu 2020 již 21 let a 11 měsíců. Nejstarší gymnastkou v Tokiu byla Oksana Chusovitina z Uzbekistánu, která za svůj život závodila na osmi OH, a právě v Tokiu jí bylo 46 let (Jemni, 2018; Zaccardi, 2021).



Graf 1 - Průměrný věk gymnastek na OH (Jemni, 2018; Zaccardi, 2021)

Doskoky v gymnastice

Doskoky ve sportovní gymnastice hrají extrémně důležitou roli při snaze o dosažení co nejvyšší známky za předvedenou sestavu, stejně jako jsou významným faktorem ovlivňujícím vznik zranění dolních končetin. Během gymnastických tréninků je kladen velký důraz na kvalitu doskakování z jednotlivých prvků, kterých je v gymnastice mnoho. Marinšek, 2010 ve své studii porovnával způsoby udržování stability po doskoku a reakce jednotlivých kloubů lidského těla v průběhu doskakování. Při ideálním doskoku má první kontakt se zemí nejprve laterální strana chodidla, poté mediální strana (přibližně o 25-32 ms déle), poté prsty a následně paty (o 27-52 ms později než prsty). Doskoky lze rozdělit do dvou kategorií, na měkké a tvrdé. Odlišit je lze dle postavení kolenních kloubů. Měkké doskoky jsou definovány úhlem v kolenou větším než 63 °, na rozdíl od doskoků tvrdých, které mají při dopadu úhel v kolenou menší než 63 °. Na Obrázku 1 lze vidět pozici těla gymnastky při doskoku s úhlem v kolenou přibližně zmiňovaných 63 °. Současně lze vidět stabilní držení hlezenních kloubů, trupu a horních končetin. Flexe v ramenních kloubech při doskoku napomáhá

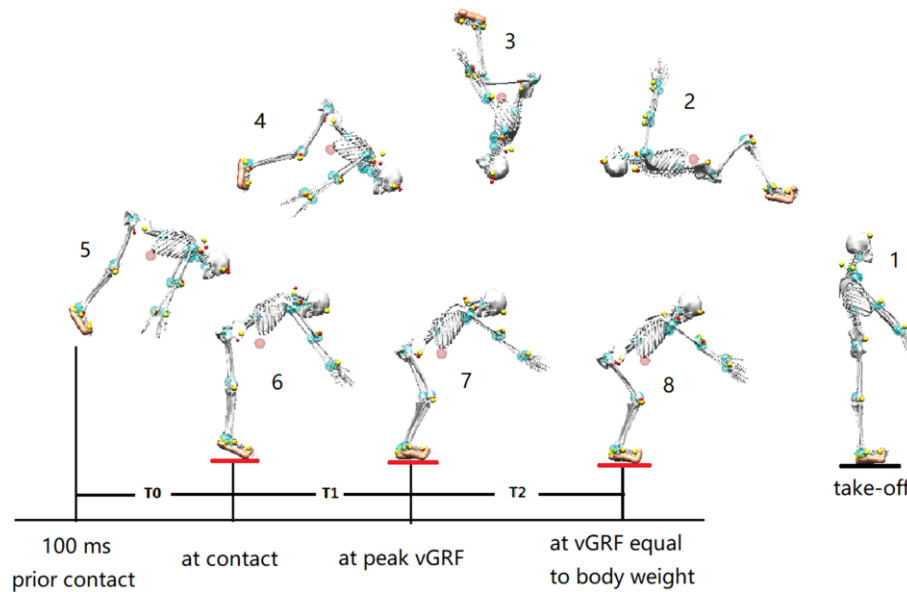
stabilizaci celého těla a eliminuje přídavné pohyby a kroky nutné k udržení pozice (Kochanowicz, 2017; Marinšek, 2010; Tilley, 2020).



Obrázek 1 - Pozice doskoku gymnastky (Tilley, 2020)

Úhly v jednotlivých kloubech dolních končetin při doskoku ovlivňují přítomnost sil a velikost zatížení v nich samotných. Při tvrdých doskocích dochází k největší zátěži kolenních a hlezenních kloubů, na rozdíl od měkkých doskoků, kdy je největší zátěž v kloubech kyčelních. Změna nastává také při neideálním položení chodidel na zem. Pokud mají první kontakt se zemí gymnastovi paty, dochází k největší zátěži v oblasti hlezenních kloubů a hrozí zde poranění v oblasti patních kostí. Pokud se jedná o doskok z náročnějšího dynamického prvku, nejčastěji takto vzniká ruptura Achillovy šlachu. Dále se liší způsoby balancování a udržování stabilní pozice po doskoku u vrcholových a rekreačních gymnastů. Bylo prokázáno, že vrcholoví gymnasté provádějí stabilizaci dané pozice po doskoku spíše pomocí pohybu hlezenními klouby, na rozdíl od rekreačních gymnastů, u kterých probíhá korekce a stabilizace dané polohy kolenními a kyčelními klouby. Před samotným doskokem dochází již v letové fázi prvku k předběžné aktivaci svalů zajišťujících doskok, což následně napomáhá stabilizaci celého těla při ukončení prvku. Velikost zatížení na lidské tělo při doskoku závisí na obtížnosti, charakteru prováděného cviku a hmotnosti gymnasty. Například po doskoku z dvojnásobného salta vzad působí na cvičence 8.8 až 14.4násobek jeho váhy. U jednoduchého salta vzad se stabilizovaným doskokem. Při doskakování obtížnějších prvků tedy vznikají vyšší síly, kterým musí tělo gymnasty odolávat. Pokud je obtížnější prvek ukončen v pozici tvrdého doskoku, největší množství sil se promítá do kolenních kloubů. Zde hraje roli postavení chodidel, dolních končetin a trupu gymnasty. Pokud

není ideální, hrozí kvůli přítomnosti velkých sil poranění především předních zkřížených vazů v koleni (Marinšek, 2010; Wu, 2019).



Obrázek 2 - Jednotlivé fáze pohybu při saltu vzad s důrazem na doskok (Wu, 2019)

Rozfázování ideálního provedení salta vzad – již ve 4. fázi má jedinec oční kontakt se zemí, což napomáhá stabilizaci doskoku, následně doskakuje a dotýká se nejprve přední částí chodidla, poté patami, úhel v kolenou je více než 63° , tudíž se jedná o doskok měkký, největší zátěž se tedy promítá do kyčelních kloubů (Wu, 2019).

Pro správně provedený doskok je nutná včasná a dostatečná aktivace svalových stabilizátorů. Niespodzinski, 2021 se ve své studii zaměřil na sledování aktivace svalů při doskoku u gymnastů třech různých věkových kategorií (8-10 let, 12-14 let, 18-25 let) a rovněž porovnal výsledky s kontrolní skupinou ne-gymnastů. K měření aktivity svalů využil povrchové EMG a dále měřil reakční sílu od podložky. Nejvíce patrný byl výsledek nejmladších gymnastů, u kterých byl změřen až 6,5násobek váhy při doskoku, což může být potenciálním rizikovým faktorem vzniku úrazu. Výsledkem je různá aktivace svalů při doskoku napříč věkovými kategoriemi gymnastů (Niespodzinski, 2021).

2.1.4 Nejčastější zranění

Sportovní gymnastika má mnoho výhod pro lidský organismus. Jsou jimi například zvyšování fyzické zdatnosti, flexibility, síly, rychlosti, disciplíny a další. Na světě existuje ale pouze malé množství gymnastů, kteří za svou kariéru neprodělali žádné zranění. Gymnastický trénink zahrnuje akrobatické prvky jako salta, přemety, přelety, veletoce a mnohé další. Velké množství prvků je letového charakteru, gymnasta

tedy po určitou dobu letí vzduchem, pohybuje se velkou rychlostí a jeho tělo vyžaduje vysokou míru koncentrace, stability a orientace v zevním prostředí. V zájmu bezpečného provádění tohoto sportu je u každého gymnasty nutná vysoká úroveň propriocepce. Často jsou kladeny velké nároky na končetiny sportovce při odrazech a doskocích a mnoho pozic provází hyperextenzní postavení především bederní části páteře. Vysoce dynamické doskoky z gymnastických prvků mohou mít později negativní vliv na tělo gymnasty. Na základě uvedených faktorů lze gymnastiku považovat za sport s vysokým rizikem zranění. Úrazy v gymnastice se pohybují od lehčích, jako například natažení svalu, distorze kotníku, až po těžké, mezi které patří ruptury šlach, kolenních vazů, výhřezy plotének či různé zlomeniny. V gymnastice lze zranění definovat jako jakékoliv poškození části těla související s tréninkovou jednotkou. Většina gymnastických zranění je velmi specifická z důvodu velké variability a komplexnosti prováděných prvků (Hart, 2018; Jemni, 2018).

Lokalizace zranění

Možné lokalizace zranění gymnastů a gymnastek jsou rozděleny na oblast horní končetiny, dolní končetiny, trupu, páteře, hlavy a krku. Obecně lze zranění rozdělit na ženská a mužská. V Tabulce 1 uvádím četnost zranění těchto částí těla u jednotlivých pohlaví (Thomas, 2018).

Tabulka 1 - Četnost zranění (Thomas, 2018)

	Muži	ženy
horní končetina	42.8 %	30.8 %
dolní končetina	33.6 %	51 %
trup/páteř	11.8 %	13 %
hlava/krk	4.9 %	0.8 %

Z tabulky lze vyčíst, že u žen dochází častěji ke zranění v oblasti dolních končetin. U mužů bývají nejčastěji poraněny horní končetiny, a sice v oblasti loketních a ramenních kloubů. Na druhém místě se nachází dolní končetiny, kde jde nejčastěji o úrazy kolen a hlezenních kloubů. Výjimkami nejsou z důvodu velké intenzity a frekvence zátěže ani únavové zlomeniny v oblastech karpálních či tarzálních kostí. U žen bývají nejčastěji zraňovány dolní končetiny, a to primárně v oblasti hlezen a chodidel, ale vysoká úrazovost je také v oblasti kolen. Nezřídka kdy vznikají také úrazy v oblasti kyčlí. O něco nižší procentuální zastoupení mají úrazy horních končetin,

kteře jsou nejčastěji lokalizovány v oblasti zápěstí. Na třetím místě se nachází zranění páteře, kdy jde především o oblast bederní páteře a úrazy typu diskopatie, spondylolýza, spondylolistéza. Pouze minimálně bývá zraňována oblast hlavy či krku (Jemni, 2018; Thomas, 2018; Wang, 2016).

V gymnastice je páteř často vystavována výrazné hyperextenzi. Například na Obrázku 3 lze vidět jeden ze základních prvků sportovní gymnastiky – most, jehož kvalitní provedení je předpokladem pro následné učení dalších náročnějších přemetových a letových prvků zejména u gymnastek. Je zde patrná výrazná hyperextenze hrudní páteře současně s hyperflexí ramenních kloubů (Jemni, 2018).



Obrázek 3 - Základní gymnastický prvek - "most" (Sands, 2016)

U žen dochází k hyperextenzi beder v rámci gymnastiky častěji než u mužů. Nejen při provádění jednotlivých prvků, ale také vždy na začátku a konci každé sestavy, kdy je u žen vyžadováno specifické „představení se“. Časté provádění nefyziologických pozic může vést k úrazům v daných lokalitách, obzvláště když se do nich gymnasté dostávají dynamicky ve velkých rychlostech nebo mění pozici těla z hyperextenze do hyperflexe (Jemni, 2018).

Typy zranění

U gymnastů obou pohlaví dominují zranění měkkých tkání a kloubů. Až v 58 % případů se jedná o poranění kloubu, 10 % případů jsou zlomeniny akutní i stresové. Mezi nejčastější typ zranění v gymnastice patří distorze. V oblasti hlezna vznikají především inverzním mechanismem. Rovněž 10% zastoupení mají u gymnastů také záněty, nejčastěji úponových šlach, bursitidy, parciální ruptury či kompletní ruptury šlach. Mezi častý problém patří také bolesti v oblasti patních kostí, pravděpodobně z důvodu velkého množství doskoků z výšky, jelikož poranění v těchto oblastech vznikají nejčastěji na prostných nebo přeskoku. Dalším často zraňovaným místem jsou

kolenní klouby, jejichž poškození vzniká nejčastěji při doskoku z různých prvků, obsahujících rotační komponenty. Zde bývá bolestivost přítomna v okolí patelly, mediální či laterální strany kolene, postranních vazů a také je často přítomný výpotek. Právě z důvodu přítomnosti mnoha sil různých směrů při doskocích u gymnastů často dochází k rupturám kolenních vazů. S doskoky bývají také spojeny úrazy Achillovy šlachy – parciální či kompletní ruptury (Jemni, 2018; Thomas, 2018; Wang, 2016).

Obecně lze říct, že je u gymnastů významně zatěžováno až přetěžováno zápěstí. Existuje pojem „Gymnast wrist“, který představuje poranění distální radiální epifyzární ploténky. Sportovci mužského i ženského pohlaví se často nacházejí v pozici stoje na rukou, ve které hledají rovnováhu a balancují pomocí horních končetin. Z důvodu nutného zpevnění těla a minimalizace vychýlení pohybu se balancování odehrává především pomocí zápěstních kloubů za plně extendovaných loktů a ramen. Jedná se o statické výdrže, kdy na klouby horních končetin působí váha celého těla, ale také existuje velké množství dynamických cviků počínajících, procházejících či končících stojem na rukou, při kterých kromě váhy těla působí také mnoho dalších sil. Během tréninku gymnastiky může na zápěstí působit až 16násobek hmotnosti těla. Právě z repetitivních balančních pohybů dochází často k problémům v oblasti loketních kloubů. Jedná se nejčastěji o osteochondrózu radiocapitelárního kloubu, natažení nebo rupturu kolaterálních ligament, zánět či zlomeninu mediálního epikondylu, dislokaci loketního kloubu (Hart, 2018; Jemni, 2018).

Nejčastější lokalita a typ zranění

1. kotník – distorze
2. koleno – ACL tear
3. zápěstí – Gymnasts wrist (Hart, 2018)

Úrazy lze dále rozdělit také na akutní a chronické. Provedené výzkumy prokázaly, že akutní úrazy vznikají častěji během závodu než při tréninku. Úrazy chronického charakteru vznikají spíše během tréninku a přípravy, nejčastěji z důvodu nedostatečného zhojení předchozího zranění a sportovcovi nedočkavosti a vůle pracovat dál i za ne zcela příznivých podmínek. Toto souvisí i se vzdělaností trenéra, který by měl svým vedením a uvažováním sportovci nechat dostatečný čas k plné regeneraci a umožnit návrat do plné zátěže až po provedení specifických zátěžových testů. Neustálá blízká

přítomnost trenéra u gymnasty během tréninku významně snižuje riziko vzniku úrazu (Jemni, 2018).

V gymnastice se vyskytují také úrazy v dětském věku. Děti podstupují velkou fyzickou zátěž již od věku 6-7 let. Několik autorů hovoří také o úrazovosti v nízkém věku. Zranění gymnastů v dětském věku jsou variabilní u obou pohlaví, ale nejčastěji se jedná o poranění hlezen, kolen, zápěstí, ramen a bederní části zad. Nezřídka se také vyskytuje onemocnění Osgood Schlatter (Jemni, 2018; Kochanowicz, 2017).

Prevence zranění

Ve sportovní gymnastice provádí sportovec po velkou část tréninku odrazy, doskoky, dopady z výšky. Z důvodu poměrně širokého spektra zranění, která v gymnastice často vznikají, by měl být kladen důraz na prevenci. Mezi základní preventivní opatření lze zařadit vhodné rozehřátí na začátku tréninku. Po něm následuje provádění několika základních jednoduchých prvků a až poté trénování či učení náročnějších a složitých manévru. Z důvodu rané specializace v gymnastice je nutno dbát na prevenci úrazů a technickou správnost provádění prvků během tréninků hlavně u dětí, u kterých dochází nejčastěji ke zranění v oblasti růstových chrupavek, které ještě nemají kvalitní pevnost a jsou ke zranění náchylnější. Děti rostou a mění se jejich tělesná kompozice. Kostí se prodlužují a svaly se tomuto jevu musí v průběhu času přizpůsobovat. V této době jsou svaly gymnasty dětského věku zranitelnější, především pokud se tělo dostává do extrémních poloh. Současně u nich dochází k dočasnému snížení flexibility některých částí těla, se kterou je nutno pomocí vhodných protahovacích a mobilizačních cviků šetrně pracovat (Gautier, 2010; Jemni, 2018)

Nejčastější zranění gymnastů ve věku od 16 let z kategorie vážných úrazů, vyžadujících dlouhou rekonvalescenci a často operaci, je ruptura kolenních vazů. Děje se tak nejčastěji během doskoku z jednotlivých prvků či náradí. Preventivně zde mohou působit různá mobilizační, posilovací, odrazová a doskoková cvičení. Následující část práce se věnuje právě problematice kolenního kloubu (Jemni, 2018).

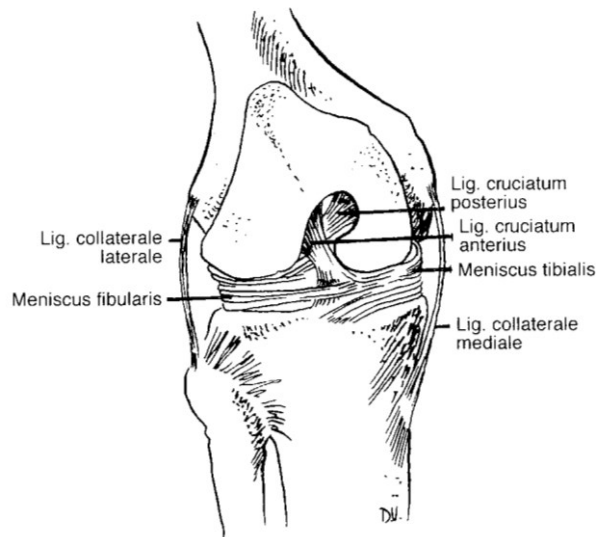
2.2. Kolenní kloub

Kolenní kloub je ve sportovní gymnastice velmi zatěžován. Působí na něj často mnoho sil z různých směrů, je nucen odolávat zatížení při odrazech i doskocích, a nezřídka dochází k jeho zranění. Dle nejnovějších studií patří úrazy kolenního kloubu ve vrcholové sportovní gymnastice mezi druhé nejčastější a současně dominují

v závažnosti a délce rekonvalescence. Tato část je věnována fyziologii a patologii kolenního kloubu (Hart, 2018; Jemni, 2018).

2.2.1 Anatomie a fyziologie kolenního kloubu

Kolenní kloub je řazen mezi klouby složené, artikuluje zde více kostí – hlavní částí je artikulace femuru s tibií, dále sem patří spojení tibie s fibulou a spojení patelly s celým kloubem. Artikulující plochy femuru se dělí na mediální a laterální kondyl. Laterální kondyl je menší, vyčnívá více anteriorně a je postaven téměř sagitálně. Mediální kondyl je větší a svým předním okrajem se k laterálnímu stáčí. Kloubní plocha tibie je plochá a poměrně vzdálena od mediálního kondylu femuru. Patella je sezamská kost v úponové šlaše čtyřhlavého stehenního svalu. Nachází se na přední ploše kolenního pouzdra a je dynamickým prvkem extenzorového aparátu celého kolene. Hraje významnou roli ve vzpřimování – zlepšuje účinnost extenzorů kolene při jeho flekčním postavení. Jelikož si plochy jednotlivých kostí anatomickým tvarem přesně neodpovídají, jsou mezi ně vloženy chrupavčité menisky, které vyrovnávají inkongruenci styčných ploch artikulujících kostí. Zevně jsou připevněny ke kondylům tibie a jejich mediální části jsou volné. Jejich funkcí je absorpce tlaku, působícího na kloub. Během stoje, kdy je koleno v extenzi, jsou schopny absorbovat 50 % tlaku působícího na kloub a během flexe až 90 %. Pomáhají tak umožnit plynulý pohyb v kolenním kloubu. V kolenním kloubu je obsaženo několik burz a recesů, ve kterých dochází snadno ke koncentraci tekutiny a tvorbě výpotku. Celý kolenní kloub je pokryt členitým kloubním pouzdem. Hlavní zpevňující funkci zde má ligamentózní aparát. Konkrétně postranní kolaterální vazy (lig. collaterale mediale a lig. collaterale laterale), které jsou napjaty při extenzi kolene a uvolněny při flexi. Jejich funkcí je omezení extenze v kloubu. Mediální postranní vaz je současně srostlý s mediálním meniskem. Dále se jedná o vazy zkřížené – ligamenta cruciata. Přední zkřížený vaz (anterior cruciate ligamentum – ACL) začíná na vnitřní ploše laterálního kondylu femuru a prostupuje do přední interkondylární rýhy. Působí proti posunu hlezenní kosti anteriorním směrem a zabezpečuje vnitřní rotaci bérce. Zadní zkřížený vaz (posterior cruciate ligamentum – PCL) začíná na zevní ploše vnitřního kondylu a jde do zadní interkondylární rýhy. Brání posunu bérce posteriorním směrem. Oba zkřížené vazy současně omezují flexi, extenzi a vnitřní rotaci. Všechny vazy spolupracují a podílí se na zabezpečení kolene především při torzních pohybech (Dylevský, 2009; Věle, 2006).



Obrázek 4 - Anatomické struktury kolenního kloubu (Véle, 2006)

Z hlediska pohybového umožňuje kolenní kloub přizpůsobovat délku končetiny aktuálním potřebám lokomoce. Hlavní svalové skupiny, zajišťující pohyb kolene, jsou flexory (m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus, z části také m. sartorius, m. gracilis, m. gastrocnemius), extenzory (m. quadriceps femoris) a rotátory (zevní – m. biceps femoris, m. tensor fasciae latae; vnitřní – m. popliteus, m. sartorius, m. semitendinosus, m. semimembranosus, m. gracilis). Jelikož je celé tělo propojeno svalovými řetězci, může docházet k ovlivnění kolene například z iliotibiálního traktu (Véle, 2006).

Pohyby v kolenním kloubu jsou možné v rovině sagitální a rotace. Flexe dosahuje 120-140 °, extenze je nulové postavení v kolenním kloubu. U některých jedinců, a zvláště sportovních gymnastů se vyskytuje hyperextenze, která může dosahovat až 15 °. Rotace podél osy tibie je zevní 15-30 ° a vnitřní až 40 °. Kromě základních pohybů lze v koleni hovořit také o specifickém pohybu, kterým je kolenní zámek. Je to důležitý stabilizační mechanismus, který podporují flexorové svalové skupiny a nacházíme jej při plně extendovaném koleni. Odemknutí je vždy vyvoláno malou rotací. Roli zde hraje také tzv. Lombardův paradox, což je kokontrakce agonistů s antagonisty kolene, kdy se ze zdánlivých antagonistů stávají synergisté a obě svalové skupiny napomáhají v dosažení požadovaného pohybu. Tento jev napomáhá stabilizaci kolene a brání jeho podlomení (Sands, 2016; Véle, 2006).

2.2.3 Poranění měkkých tkání v kolenním kloubu

Kolenní klouby se v žebříčku nejčastěji zraňovaných míst na tělech gymnastů nacházejí na druhém místě, hned za hlezenními klouby. Pravdou je, že zranění v oblasti měkkých tkání kolenních kloubů jsou uváděna jako nejčastější důvod operace na těle sportovního gymnasty a současně jsou nejčastějším zraněním z kategorie vážných úrazů v gymnastice. Také, na rozdíl od zranění hlezenních kloubů, vyžadují delší dobu pro rekonvalescenci a návrat do plné zátěže. Mezi měkké tkáně v kolenním kloubu jsou řazeny chrupavky, vazy, úpony a šlachy. Nejčastěji zde dochází k poruše na úrovni vazů, a sice přetržení předního zkříženého vazů (ACL). Dále se také vyskytují ruptury mediálního kolaterálního vazů (MCL), zadního zkříženého vazů (PCL) a poranění chrupavčitých menisků. Mezi méně častý patří patelofemorální syndrom, dislokace patelly a v dětském věku onemocnění Osgood Schlatter. U gymnastek se vyskytuje nekontaktní ruptura ACL častěji než u gymnastů. Většina ruptur ACL nastává během doskoku na přeskoku, závěru z bradel o nestejně výši žerdí, závěru z kladiny, doskoků během akrobatických řad na prostných a také při pádech z jednotlivých náradí. Z důvodu často dlouhotrvající rekonvalescence je pro úplné uzdravení nutné věnovat se obnově kvalitní stability kolene a těla jako celku a umožnit sportovci plynulý návrat ke sportovní činnosti. Každé poranění měkkých tkání v kolenu, ať už závažné nebo méně závažné, ovlivňuje následně posturální stabilitu jedince. Právě posturální stabilitě a dalším kategoriím, týkajícím se postury, je věnována následující část práce (Hart, 2018; Marinšek, 2010).

2.3 Postura

Posturu, neboli držení těla, lze chápat jako zaujímání určité polohy těla v gravitačním poli, při kterém jsou jednotlivé klouby koordinovaně zpevněny svalovou aktivitou. Jedná se o aktivní držení jednotlivých částí těla proti působení zevních sil. Věle ve svých publikacích uvádí, že postura následuje pohyb jako stín. Postura tedy pohyb předchází, doprovází a také zakončuje. Je základní podmínkou pohybu. Posturu lze hodnotit a zkoumat v jakékoliv poloze lidského těla a také v jakémkoliv pohybu. Každý jedinec má své individuální držení těla, do kterého se promítají různé stavy vnitřního či změny vnějšího prostředí. Posturu mohou ovlivnit například probíhající patologické děje v organismu, svalová rovnováha či nerovnováha, integrita centrálních řídicích mechanismů, stav vaziva a anatomických poměrů, stejně jako momentální psychologický stav jedince. Fyziologické nastavení postury je představováno vyváženým

postavením všech segmentů těla, během kterého je napětí ve svalech, přiléhajících na jednotlivé segmenty, minimální. Každé zvýšené napětí ve svalu má při vyšetření jistou výpovědní hodnotu, lze z něj odečítat také pacientovu schopnost relaxace. V rámci ideálního nastavení postury je také nutno uvažovat i o biomechanických a neurofyziologických aspektech. Z hlediska biomechanického se jedná o druh zatížení, které na jedince působí. Neurofyziologie hovoří o funkci řídicích mechanismů, které nastavují dráždivost svalů, spouští a ovlivňují průběh pohybu (Kolář, 2009; Věle, 2006).

2.3.1 Posturální funkce

Z hlediska funkce rozlišujeme:

- posturální stabilitu
- posturální stabilizaci
- posturální reaktibilitu

Posturální stabilita

Posturální stabilitu lze definovat jako schopnost kontinuálně zaujímat konkrétní polohu takovým způsobem, aby nedošlo k nekontrolovanému pádu. Nejedná se výhradně o statickou činnost, jelikož při každém zaujímání polohy těla (sed, stoj) probíhají i procesy dynamické, které pomáhají odolávat přirozené labilitě pohybového systému a zaujatou polohu vyvažovat. Stabilita je neustále ovlivňována faktory zevního a vnitřního prostředí. Lze je rozdělit na faktory biomechanické, mezi které patří například velikost opěrné plochy či šířka báze, hmotnost, výška těžiště nad opěrnou bází či sklon opěrné plochy. Dále faktory neurofyziologické, kde figuruje především stav excitability vnitřního prostředí a psychické jevy. Podložka, která je v přímém kontaktu s tělem, se nazývá opěrná plocha. Na rozdíl od opěrné báze, kterou lze definovat jako celou plochu ohraničenou nejvzdálenějšími body kontaktu s podložkou. Opěrná báze hraje velmi důležitou roli především při udržování stability ve vzpřímeném stoji. Základní podmínkou udržení stabilního vzpřímeného stoje je nutnost stálého promítání těžiště do opěrné báze. Během lokomoce musí do opěrné báze směřovat výslednice působících sil, aby byla zachována možnost plynulého a kontrolovaného pohybu (Kolář, 2009).

Posturální stabilizace

Posturální stabilizaci lze chápat jako aktivní držení jednotlivých segmentů těla proti působení zevních sil. Jedná se zde o sílu gravitační, ale také o síly působící během pohybu konkrétních částí těla nebo těla jako celku. Stabilizace je přítomna také při specifických gymnastických pohybech a prvcích (např. pohyb rukou během sestavy či doskok z náradí a zastavení těla ve vzpřímené poloze) (Kolář, 2009; Marinšek, 2010).

Před započítím prvku i po jeho ukončení je zapotřebí vhodně nastavené výchozí polohy těla stabilizovat. Stabilizovaná výchozí poloha je udržována pomocí flexibilní segmentové stabilizace, kterou provádí osový orgán. Ten umožňuje pružnou stabilizaci jednotlivých částí těla. Jeden segment tvoří spojení dvou sousedních obratlů, mezi nimiž je vložena meziobratlová ploténka a po stranách jsou spojeny vazivovými a svalovými elementy. Princip segmentové stabilizace je nastavení vhodné stability osového orgánu pro umožnění následného cíleného pohybu. Segmentová stabilizace může probíhat i před započítím samotného pohybu. Vedle segmentové existuje také sektorová stabilizace, kterou zajišťují svaly působící přes několik segmentů těla a stabilizují větší sektory mezi sebou (Kochanowicz, 2017; Véle, 2006).

Posturální reaktibilita

Pro možnost provedení jakéhokoliv cíleného pohybu lidským tělem je zapotřebí zpevnění jednotlivých tělních segmentů. Například při odrazu dolních končetin od země dochází k vyvolání kontrakční svalové síly, její převedení na momenty sil, a následné vyvolání reakčních svalových sil v celém systému lidského těla. Vyvolané reakční síly tělo stabilizují, tento jev je nazýván reakční stabilizace a rovná se posturální reaktibilitě. Pro kvalitní provedení pohybu je nutné vytvořit punctum fixum, tedy jednu z koncových částí svalů vlivem svalové aktivity zpevnit, aby opačná část mohla konat pohyb. Tu lze poté označit jako punctum mobile (Kolář, 2015).

2.3.2 Řízení posturálních funkcí

Na schopnosti udržení vzpřímeného postavení těla se podílí několik složek lidského systému. Je zapotřebí fyziologické funkce osového orgánu, centrálního a periferního nervového systému, propriocepce, vestibulárního, vizuálního aparátu a jejich vzájemná spolupráce. Na vzpřímeném držení těla se podílejí tři základní složky (Hong, 2015; Kochanowicz, 2017; Vařeka, 2009):

Senzorická

Je představována specifickými aparáty a receptory, které reagují na určité modality. Radíme sem exteroreceptory (zrak, sluch, čich, chuť a hmat), interoreceptory (reagují uvnitř na mechanické a chemické podněty) a proprioreceptory (ve šlachových tělískách, svalových vřeténkách, kloubech). Z uvedených se na udržování vzpřímeného těla podílí především aparát vizuální, vestibulární a propriocepce. Vizuální aparát slouží k orientaci v prostoru, předvídání změn a vnímání vzdálenosti. Současně pomáhá při korekci postavení a polohy hlavy. Při provádění aktivity při zavřených očích dochází k absenci vizuálních inputů, tudíž je nutná vyšší aktivita proprioceptivního aparátu. Vestibulární aparát informuje o změnách pohybu a zrychlení. Také je důležitý při orientaci v prostoru, kontroluje polohu těla a jeho pohyb. Proprioreceptory nás informují o poloze, pohybu, rychlosti pohybu v kloubu. Celkově lze říct, že podávají informace o aktuálním stavu pohybového aparátu (Rokyta, 2015; Vařeka 2002; Véle, 2006).

Řídící

Řídící složkou je centrální nervová soustava (CNS). Vjemy z různých receptorů na těle se přenáší do CNS, která je následně zpracovává a vyhodnocuje. Zpracování se děje na třech různých úrovních – spinální, subkortikální, kortikální. Na úrovni spinální probíhá základní ovládání svalů pomocí alfa a gama motoneuronů, přenos informací prostřednictvím interneuronů do vyšších center, základní míšní reflexy. Úroveň subkortikální je zodpovědná za posturální a lokomoční motoriku. Probíhá zde nastavování svalového tonu, korekce rovnováhy, volba automatických pohybových programů, koordinační aktivity. Nejvyšší, kortikální úroveň odpovídá za účelovou ideokinetickou motoriku, probíhá zde vnímání a asociace pohybů (Véle, 2006).

Výkonná

Složku výkonnou představuje pohybový systém, konkrétně kosterně – svalový aparát. Kostra z pohledu anatomického a kosterní svalová soustava z pohledu funkčního. Jednotlivé svaly se upínají na kosti, spojují jednotlivé celky a v místech úponů mají umístěny proprioreceptory, které hrají roli také v oblasti senzorické (Véle, 2006).

2.3.3 Posturální a lokomoční motorika

Svaly lze rozdělit na posturální a lokomoční. Posturální svaly jsou krátké, hluboko uložené a podílí se na nastavení postury již při pouhé představě pohybu. Z větší části se jedná o svaly s převahou tonických vláken, jejichž schopnost je vyvinout menší úsilí po delší dobu. K jejich aktivaci dochází velmi rychle a na rozdíl od lokomočních svalů nemusí být lidským okem viditelná. Jejich hlavní funkce je tedy udržení nastavené polohy jednotlivých částí těla za současného vyvažování a balancování kolem střední polohy. Jedná se o jev dynamický a umožňuje rychlý přechod z klidu do pohybu a naopak. Svaly zajišťující posturální motoriku jsou aktivní neustále a mají funkci ochrannou, chrání tělo před nežádoucím poškozením. Jejich aktivita je řízena především podvědomě, ale pokud se jedinec nachází v neočekávané situaci, řízení přechází do vědomí a přizpůsobuje se okamžitému stavu prostředí. Pokud dojde k nevhodnému či nepřesnému nastavení výchozí polohy, ze které má následovat pohyb, hrozí selhání pohybového záměru, nadměrné zatížení některé z částí pohybového aparátu až porucha struktury (Véle, 2006).

Lokomoční motorika využívá větší svaly uložené spíše povrchově, jejichž hlavním cílem je změna polohy jednotlivých segmentů či celého těla. Lokomoční svaly jsou složeny z větší míry z vláken fázických, která dokážou vyvinout větší úsilí po kratší dobu. Spolupráce posturálních a lokomočních svalů je pro plynulé provedení pohybu velmi důležitá. Při zaujímání výchozí polohy jsou aktivovány ve větší míře svaly posturálního systému a při provádění cíleného pohybu svaly lokomočního systému. Činnost jedné pozvolna přechází v aktivitu druhých a výsledkem je plynulé, ladné, obratné provedení pohybu (Véle, 2006).

Jednou z hlavních složek sportovní gymnastiky je obratnost, která klade důraz na maximální přesnost. Obratnostní pohyby jsou realizovány specificky plánovanou motorikou, které se účastní menší svaly, ovšem jejich řízení je zprostředkováno velkým počtem neuronů. V obratném pohybu se totiž klade významně větší důraz na přesné provedení a rychlou možnost změny směru pohybu, než na svalovou sílu (Skopová, 2013; Véle, 2006).

Posturální a lokomoční motorika patří mezi hrubou motoriku. I přesto, že je lokomoční motorika realizována především svaly končetin, podílí se na ní významně i osový orgán. Udržení zaujaté polohy těla a zabránění pádu má v kompetenci posturální

system. Lokomoční pracuje protichůdně, tzn. že prosazuje změnu polohy těla a lokomoci. Oba systémy ovšem vzájemně spolupracují. Lokomoční systém tlumí posturální funkci a facilituje pohyb, na rozdíl od posturálního systému, který pohyb brzdí a umožňuje zastavení a finální stabilizaci. Jak již bylo řečeno výše, posturální systém pohyb předchází, doprovází a zakončuje. Je tedy stále jeho součástí a není nikdy zcela utlumen, působí při pohybu jako stabilizující negativní zpětná vazba, která dělá pohyb koordinovaným a plynulým. Vyvážená aktivita posturálních svalů napomáhá udržovat tělo ve stabilní poloze a podílí se na celkové posturální stabilitě jedince (Véle, 2006).

2.3.4 Vývoj posturální stability

Schopnost vyvážené posturální stability je základním předpokladem k provádění většiny druhů aktivit, počínaje základními aktivitami pro zajištění sebeobsluhy během běžného dne, rekreační sportovní činností až po specializovaná sportovní odvětví. Pro udržení stability jedince je nutná vhodná interakce mezi sensorickými a motorickými orgány současně s aktivitou vizuálního a vestibulárního aparátu. Zmíněné orgány jsou hlavní zdroje sensorické informace. Posturální stabilita roste postupně s vývojem dítěte. Největší rozvoj nastává během prvních deseti let života. Vývojové posturální změny jsou výsledkem postupné integrace sensorických informací do motorického projevu jedince s cílem dosažení nových či zachování dosavadních pohybových vzorů. S přibývajícím věkem se mění způsoby, jakými člověk reaguje na změnu postury. Existuje hypotéza, která předpokládá, že u dětí provádějících pravidelnou fyzickou aktivitu, mající vliv na orientaci a stabilitu, může být využití sensorických informací při korekci postury modifikováno (Garcia, 2011).

Několik autorů ve svých výzkumech prokázalo, že vývoj posturální stability je ovlivněn fyzickou aktivitou a množstvím různých pohybových zážitků prováděných během prvních let života. Již ve věku 3-4 roky je tělo jako celek již částečně stabilizováno. Ve věku 5-6 let je dítě schopno vyhodnotit, poznat a případně upravit pozici těla na stabilní. Postupně u něj dochází k rozvoji dynamické stability, diferenciaci pohybu a rozšíření spektra prováděných pohybů. Okolo 9 let se zlepšují koordinační schopnosti a dochází k lepšímu držení vzpřímeného těla i v nespecifických náročnějších pozicích. Výsledky posturální stability měřené kolem 9. roku života se významně neliší od výsledků dospělých jedinců (Garcia, 2011; Kochanowicz, 2017).

K dosažení stabilního držení těla, je potřeba jeho jednotlivé části během dne neustále korigovat a upravovat jejich nastavení. Dochází tedy ke korekci jednotlivých částí těla mezi sebou a mezi tělem a okolním prostředím (posturální orientace). Současně tělo odolává silám působícím na jednotlivé segmenty (posturální stabilita, rovnováha) tak, aby bylo dosaženo stabilní držení dané postury. Většina gymnastických pohybů vyžaduje velmi vysokou kvalitu funkce těchto dvou složek. Protože posturální orientace a stabilita závisí na spolupráci mezi senzoryckými informacemi a motorickou aktivitou, vzniká předpoklad, že by gymnastický trénink mohl zlepšovat posturální stabilitu. Sportovní gymnastika vyžaduje vysokou úroveň posturální kontroly, klade důraz především na orientaci v prostoru a stabilitu těla (Garcia, 2011; Kochanowicz, 2009).

2.3.5 Vyšetření posturální stability

Posturální stabilita je obecný pojem, pod který spadá stabilita statická i dynamická. Statická stabilita je charakterizována kolísáním postury během klidného stoje, na rozdíl od dynamické stability, kterou lze chápat jako odpověď postury na neočekávanou změnu způsobenou pohybem zevního prostředí (v této práci např. pohybem stojné plošiny testovacího přístroje). Při nepřístrojovém vyšetřování posturální stability lze pomocí specifických testů cílit konkrétně na stabilitu statickou či dynamickou. Stabilitu lze testovat pomocí snadno proveditelných klinických testů a různých škál. Pro objektivnější hodnocení jsou využívány spíše přístroje, mající silové či tlakové plošiny, jejichž výsledky bývají přesnější. Přístrojové vyšetření posturální stability nazýváme posturografií. Tu lze rovněž dělit na statickou a dynamickou (Chaudhry, 2011; Vomáčková, 2020).

Nepřístrojové testy

Existuje široká škála nepřístrojových a v praxi snadno proveditelných testů. Následně uvádím několik, často používaných.

Statickou stabilitu lze hodnotit například pomocí Trendelenburgova, Véleho či Rombergova testu. Trendelenburgův test byl vynalezen v roce 1897 Frederickem Trendelenburgem a vyšetřuje stabilitu pomocí stoje na jedné dolní končetině. Existuje více variant, ale nejčastěji bývá jeho provedení popisováno jako stoj na jedné dolní končetině, přičemž druhá je ve flexi 30 ° v kyčelním kloubu, kdy je po dosažení kýžené pozice jedinec vyzván k setrvání v ní po dobu 30 s. Vyšetřující po celou dobu sleduje

pánve vyšetřovaného jedince, a pokud dojde k jejímu poklesu na straně elevované končetiny, hodnotí se test jako pozitivní. Případný pokles pánve značí sníženou aktivaci svalů v okolí pletence pánevního (McCarney, 2020; Stevens, 2020).

Test dle Véleho slouží k hodnocení stability stoje a spočívá v hodnocení titubací v prostém vzpřímeném stoji. Pokud titubace nejsou přítomny, sleduje se aktivita prstců a svalů v okolí bérceových a lýtkových svalů. Tato aktivita je známa pod pojmem „hra šlach“. Proband je vyzván k prostému vzpřímenému stoji a není jinak dále instruován. Vyšetřující pouhým okem pozoruje případnou aktivitu v okolí prstců, bérce, či stehenních svalů. Při zvyšující se instabilitě postupuje aktivita svalů disto-proximálním směrem. Véle stanovil 4 stupně výsledku testu, které jsou uvedeny v Tabulce 2.

Tabulka 2 - Stupně testu dle Véleho (Véle, 2012)

Stupeň	Stabilita	Popis
1	plná	prstce uvolněné, lehký dotyk podložky
2	lehce porušená	prstce neuvolněné, přitisknuté na podložku
3	středně porušená	prstce drápovitě postaveny
4	výrazně porušená	hra šlach, supinační s pronační pohyby nohy

Po tomto provedení testu je možné použít některé jeho varianty (např. provést jej se zavřenými očima či probanda lehce postrčit) a při tom stále pozorovat aktivitu svalů v okolí prstců a také dobu, která je nutná pro návrat do stabilizovaného stoje (Véle, 2012).

Dalším statickým testem je test Rombergův, který pomáhá určit, zda je u probanda porucha stability přítomna a také jakého řídicího systému se může týkat. Test bývá prováděn ve třech pozicích, znázorněných v Tabulce 3.

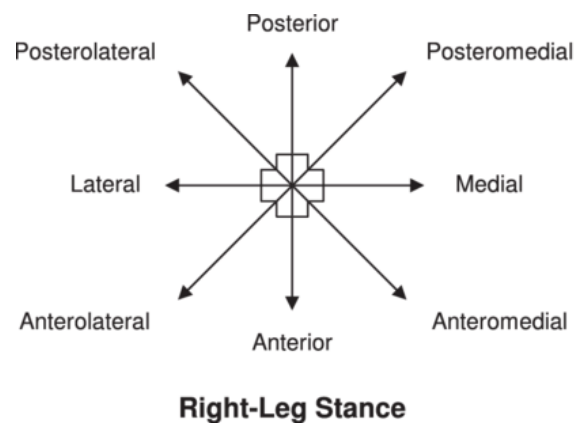
Tabulka 3 - Rombergův stoj (Black, 1982)

Pozice	Popis
I	Stoj, šířka báze odpovídá šíři ramen, otevřené oči
II	Stoj spojný, otevřené oči
III	Stoj spojný, zavřené oči

Vyšetřující pozoruje, zda se u testovaného vyskytují náznaky poruchy stability ve formě titubací, kolísání těla či kompletní ztráty stability. Test je pozitivní, pokud jsou některé z výše uvedených jevů přítomny (Black, 1982).

Dynamickou stabilitu lze testovat například pomocí Star Excursion Balance Testu (SEBT) nebo různých variant Hop testů. Jedná se o náročnější testy, používané spíše ve sportovní praxi (Gribble, 2012; Gustavsson, 2006).

Před započítáním SEBT je potřeba nejprve připravit na zemi testovací pole pomocí lepicí pásky. Je nutné nalepit na zem 4x 1 metr dlouhé pásky, které se uprostřed kříží a vytváří tak obraz hvězdy, jehož úhly mezi jednotlivými páskami jsou shodné (45 °), viz Obrázek 5. Pásky jsou nalepeny do osmi směrů (anteriorní, anteromediální, mediální, posteromediální, posteroriorní, posterolaterální, laterální, anterolaterální). Proband se následně postaví do středu obrazce na jednu dolní končetinu a jeho úkolem je, dosáhnout pomocí druhé končetiny co nejdále v každém směru s lehkým dotykem na konci, přičemž mezi jednotlivými směry vždy provede končetinu zpět do středu, kde provede rovněž lehký dotyk. Cílem je, provést test bez jiného přídatného dotyku země, či pádu v průběhu. Test poukazuje na stabilitu či instabilitu dolních končetin, především v oblasti kolenních a hlezenních kloubů (Gribble, 2012; Ping, 2011).



Obrázek 5 - Směry SEBT při stoji na pravé dolní končetině (Gribble, 2012)

Hop testy slouží k hodnocení stability dolních končetin. Jednou z možných variant je skok do dálky na jedné dolní končetině. Vyšetřovaný se postaví na jednu dolní končetinu, spojí ruce za zády a provede co největší skok do dálky s dopadem na stejnou končetinu, na které po dobu 2-3 sekund setrvá bez přídatného stabilizujícího skoku. Vyšetřující analyzuje pohledem pohyb kloubů testované končetiny při odrazu i doskoku, jejich způsob stabilizování nové polohy, sleduje také pohyb celého těla při

skoku. Může také změřit vzdálenost skoku pro případnou analýzu při opakování testu v budoucnu (Gustavsson, 2006).

Přístrojové vyšetření

Přístrojovým vyšetřením posturální stability se zabývá posturografie. Posturální stabilitu lze přesněji vyšetřit pomocí přístrojů, které jsou schopny snímat reakční síly působící na tenzometrickou plošinu. Jedná se o tíhovou sílu pacienta a sílu svalů, které se v podobě reakčních sil převádí na tenzometrickou plošinu. Tyto síly reagují na změny těžiště těla za všech okolností, v klidových pozicích i při pohybu těla. Nejčastější výsledné parametry, které je možné z přístrojů vyčíst a dále s nimi následně pracovat, jsou následující: poloha těžiště těla (průměr všech tlakových sil působících do podložky), hmotný bod (průměr těžišť všech segmentů), opěrná plocha, opěrná báze, plocha kontaktu. Přístroj dokáže vyšetřit odděleně stabilitu statickou i dynamickou. Statická posturografie (stabilometrie) využívá k měření stabilní, nepohybující se plošinu. Dynamická posturografie (dynamometrie) využívá ke stanovení stability neočekávaného pohybu stojné plošiny či pohybu pacienta. Přístrojové vyšetření stability umožňuje vyšetřit odděleně jednotlivé systémy, podílející se na řízení stability, a tím ozřejmit jejich dostatečnou či nedostatečnou funkci. Existují dva hlavní mechanismy, kterými lze rovnováhu korigovat. Jedná se o mechanismus hlezenní a kyčelní. Mechanismus hlezenní je používán více v kolísání těla v anteroposteriorním směru, na rozdíl od kyčelního, který je využíván spíše ve směru laterolaterálním. Ve sportovní gymnastice provádí cvičenci velmi široké spektrum pohybů všemi směry. Důraz je často kladen na kvalitní a technicky správně provedený doskok z náradí/prvku. Po opuštění náradí/země se nachází tělo gymnasty ve vzduchu, let často doprovází rotace kolem osy frontální i sagitální. Následně je od cvičence vyžadován kvalitní doskok bez přídavného pohybu či kroku. Zde musí gymnasta využít naučené strategie pro korekci stability a zamezení pádu (Jemni, 2019; Kolář, 2009; Vařeka, 2002).

2.3.6 Specifika posturální stability gymnastů

Existuje mnoho sportů, během kterých je lidské tělo nuceno balancovat, pracovat s rovnováhou a vyvažovat různě náročné pozice v zájmu zachování stability. V několika sportech může být tato nutná kontrola postury spojována s finálním provedením daného prvku. Někteří autoři rozlišují tři základní kategorie sportů, pro které je typická specifická reakce posturálního systému na prováděnou činnost. V první

kategorii je kontrola postury spojená s pohybem, tedy finální projev je pohyb, dominují zde sporty jako fotbal, rugby nebo judo. Do druhé kategorie patří například střelba, kdy je pozice sportovce klidná, není spojena s pohybem, nýbrž s klidným stojem nebo jinou statickou polohou. Třetí kategorie je ze všech uváděných na kontrolu postury nejnáročnější. Vyžaduje totiž kontrolu postury během pohybu, ale současně také během stabilní statické pozice. Do této kategorie patří právě sportovní gymnastika, kdy sportovec doskakuje například z dvojného salta na prostných, musí kontrolovat provádění salta během pohybu, včas zaregistrovat přiblížení k zemi a při doskoku právě pomocí kontrolních mechanismů, zajišťujících stabilní posturu, odolávat působící energii z daného prvku, silám, které se zde účastní, a nejlépe bez dalšího přídavného kroku salto na místě ustát (Asseman, 2008; Kochanowicz, 2017).

Sportovní gymnastika je sport, který během tréninku i závodu klade velmi obtížné až nebezpečné požadavky na soutěžící. Poznatky z dostupné literatury ukazují, že adekvátně naplánovaný gymnastický trénink může efektivně zlepšovat posturální stabilitu jedince a současně zlepšovat jeho neuromuskulární integritu (Omorczyk, 2018).

Trénink sportovní gymnastiky obsahuje široké spektrum různých pohybů. Gymnasté musí ovládat svá těla ve vzduchu a na několika náradích, na kterých během provádění jednotlivých prvků dochází až k rapidně rychlým změnám těžiště těla. Posturální systém jedince je tedy neustále ovlivňován, také je trénována stabilita, orientace v prostoru a schopnost udržení rovnováhy během jednodušších i náročnějších pozic. Pro správné provádění gymnastických prvků je zapotřebí dobré vnímání vzájemné polohy jednotlivých částí těla a velmi dobrá celková orientace vlastního těla v prostoru. Jelikož jsou tréninky sportovní gymnastiky velmi intenzivní, mají gymnasté možnost trénovat uvedené schopnosti často a pravidelně, což jim následně umožňuje učení se nových a obtížnějších prvků. Pravidelně u nich dochází k významnému rozvoji stabilizačních schopností (Croix, 2010; Garcia, 2011; Kochanowicz, 2017).

Se sportovní gymnastikou je spojen pojem rané specializace. Mnoho sportovců začíná s tréninky sportovní gymnastiky ve věku okolo 5 let. V tomto věku ještě není posturální systém zcela zralý a dochází k jeho ovlivňování daným sportem již od útlého věku. Několik autorů tento fakt potvrdilo ve svých studiích, současně také prokázali statisticky vyšší stabilizační schopnosti u gymnastů dětského věku ve srovnání s dětmi ne-gymnasty (Garcia, 2011; Kochanowicz, 2017; Mosher, 2019; Šalaj, 2020).

Každý gymnasta vrcholové úrovně, musí kvalitně ovládat ideální zpevnění těla během statických, dynamických a letových pozic, odolávat působení sil z různých směrů během provádění gymnastických prvků a dokázat každý jednotlivý prvek stabilně zakončit. Při zvážení počtu odtrénovaných hodin a množství gymnastických prvků je zřejmé, že trénink gymnastiky je současně tréninkem stability a rychlých reakcí na změny způsobené pohybem těla. Stabilitu gymnasté trénují nejen na zemi v základních polohách těla, ale také na jednotlivých nářadích v různě posturálně náročných pozicích, které jsou obtížnější pro udržení vizuální kontroly a pozice hlavy. Z osobních zkušeností vím, jak důležitou roli hraje v gymnastice schopnost ovládat stabilitu těla za různých podmínek v zájmu dosažení nejvyššího hodnocení a také v rámci prevence zranění. Skladba gymnastických tréninků obsahuje mnoho částí, při kterých je stabilita gymnastů trénována, což mě přimělo na myšlenku, zda lze prokázat existenci reálných rozdílů ve stabilitě mezi vrcholovými gymnasty a běžnou populací, a inspirovalo mě k volbě tohoto tématu pro svou diplomovou práci.

3 Metodologie práce

3.1 Cíle práce

Cílem této diplomové práce je zhodnocení posturální stability vrcholových gymnastek a gymnastů pomocí dynamického počítačového posturografu NeuroCom Smart EquiTest System a porovnání naměřených dat s kontrolní skupinou jedinců běžné populace. Sportovní gymnastika vyžaduje velmi vysokou úroveň stabilizačních a koordinačních schopností jedince, a proto by měli gymnasté nad běžnou populací v testech stability převyšovat. Komplexnost a obtížnost prováděných prvků v kombinaci se snahou o perfektní provedení a dosažení nejvyšší známky může vést ke vzniku zranění. Proto je dalším cílem stanovení četnosti poranění měkkých tkání v kolenním kloubu u vrcholových gymnastů a komparace výsledných hodnot testů posturální stability u gymnastů se zraněním a bez zranění v anamnéze.

3.2 Úkoly práce

- prostudování odborné literatury týkající se sportovní gymnastiky a posturální stability
- prohledání dostupných studií zabývajících se daným tématem
- zajištění technického a materiálního vybavení pro provedení výzkumu
- sestavení výzkumu a výběr vhodných probandů
- seznámení probandů s průběhem měření a případnými riziky
- vlastní měření posturální stability pomocí přístroje NeuroCom Smart EquiTest
- analýza a vyhodnocení naměřených dat výzkumné skupiny
- porovnání naměřených výsledků s kontrolní skupinou
- vytvoření diskuze, konfrontace výsledků a hypotéz, celkové zhodnocení výzkumu

3.3 Výzkumná otázka

V1: Existují statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými parametry provedených testů posturální stability mezi skupinou vrcholových sportovních gymnastů a skupinou běžné populace měřené dle posturografu NeuroCom?

3.4 Hypotézy

Na základě výše uvedené výzkumné otázky byly sestaveny následující hypotézy.

H1: Předpokládám, že mezi experimentální skupinou gymnastů a kontrolní skupinou běžné populace budou v provedených pěti testech posturální stability (MCT, ADT, RWS, LOS a US) statisticky významné rozdíly (na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$) alespoň v polovině parametrů každého z testů ve prospěch skupiny experimentální.

H2: Předpokládám, že u specificky dynamických testů Rhythmic Weight Shift (RWS) a Limits of Stability (LOS) budou statisticky významné rozdíly (na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$) alespoň v polovině naměřených parametrů při porovnání experimentální a kontrolní skupiny ve prospěch skupiny experimentální.

H3: Předpokládám, že mezi skupinou gymnastů bez zranění a se zraněním budou přítomny statisticky významné rozdíly (na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$) ve prospěch skupiny bez zranění alespoň v polovině parametrů každého z pěti testů posturální stability (MCT, ADT, RWS, LOS a US).

4 Metodika práce

Tato diplomová práce se zabývá porovnáním naměřených hodnot posturální stability vrcholových sportovních gymnastů a běžné populace. Skupina běžné populace se skládá z jedinců, kteří nejsou zatíženi pravidelnou sportovní aktivitou a neprovádí žádný sport na závodní úrovni. Celá práce má charakter kvantitativní observační studie.

4.1 Metodický postup teoretických východisek

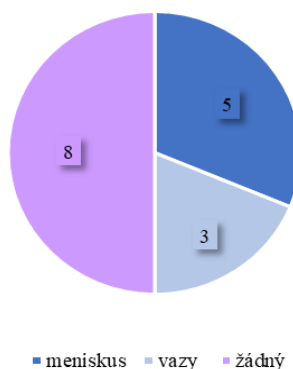
Diplomová práce je rozdělena na část teoretickou a výzkumnou. Teoretická východiska jsou zpracována dle dostupných informací z českých i zahraničních literárních a internetových zdrojů, které se probírané problematice věnují. Je zde probrána fyziologie zátěže sportovní gymnastiky, její biomechanické aspekty, specifika a nejčastější úrazy. Dále navazuje problematika kolenního kloubu a posturální stability. V části výzkumné lze nalézt konkrétní průběh celého výzkumu. Informace byly čerpány z vědeckých článků, učebnic, knih, časopisů, akademických prací. Elektronické zdroje byly nalezeny především v databázích Web of Science, EBSCOhost, Google Scholar a PubMed. Veškerá literatura je v diplomové práci citována dle platné citační normy ČSN ISO 690.

4.2 Charakteristika výzkumného souboru

Celkově se výzkumu zúčastnilo 32 jedinců, kteří byli rozděleni na dvě hlavní skupiny – experimentální (n=16) a kontrolní (n=16). Experimentální skupina byla záměrně vybrána a tvořili ji vrcholoví gymnasté a gymnastky, kteří byli rozděleni na skupinu žen (n=8) a mužů (n=8) s celkovým věkovým průměrem 21,4 let. Jednalo se především o reprezentanty ČR ve sportovní gymnastice, několik z nich se účastnilo Olympijských her, Evropských her či Světových pohárů. Mezi podmínky, které musely být probandy pro započtení do experimentální skupiny splněny, patřila věková hranice 18–29 let, aktivní účast na závodech 1. ligy, extraligy nebo MČR MT mužů či žen ve sportovní gymnastice v roce 2019, tréninkové zatížení minimálně 20 hodin týdně a aktivní trénování sportovní gymnastiky po dobu alespoň 10 let. Do této skupiny nemohli být zařazeni jedinci, kteří výše uvedené podmínky nesplňují, a dále jedinci trpící neurologickým, vestibulárním, virovým, ortopedickým onemocněním, či akutním úrazem nebo jsou v době brzké rekonvalescence po něm. Dále byla experimentální skupina dotázána na přítomnost prodělaného poranění měkkých tkání kolenního kloubu

(ruptura ACL, PCL, postranních vazů, poranění menisků s následnou operací nebo natažení vazů s minimálně 3týdenní imobilizací) v anamnéze, a následně rozdělena na dvě skupiny – se zraněním kolene (n=8) a bez zranění (n=8) viz Graf 2. Přesněji 5 probandů uvedlo, že zranění bylo v oblasti menisků a tři probandů uvedli zranění v oblasti vazů (ACL, PCL, MCL). Veškerá zranění kolenních kloubů jednotlivých probandů byla diagnostikována lékařem.

Přítomnost úrazu kolenního kloubu



Graf 2 - Četnost úrazů kolenních kloubů (zdroj vlastní)

Kontrolní skupina byla tvořena běžnou populací (n=16) ve věku 21-27 let a byla rovněž rozdělena na dvě skupiny, ženy (n=8) a muže (n=8). Jednalo se o probandy, kteří se nevěnují žádnému sportu na vrcholové úrovni. Do skupiny nemohl být zařazen proband, který trpí neurologickým, vestibulárním, virovým, ortopedickým či jiným onemocněním, akutním úrazem nebo je v době brzké rekonvalescence po něm.

Následně uvádím Tabulku 4 se základními demografickými údaji o experimentální a kontrolní skupině.

Tabulka 4 - Demografické údaje experimentální a kontrolní skupiny (zdroj vlastní)

	Experimentální skupina		Kontrolní skupina	
	průměr (SD)	Medián (min – max)	průměr (SD)	Medián (min – max)
věk	21,38 (2,3)	20,16 (18,6-26,6)	25,08 (1,60)	25,03 (21,4-27,9)
výška	168,19 (0,1)	167 (157-185)	175,06 (12,9)	173 (155-196)
hmotnost	63,5 (9,5)	63 (51-77)	71,06 (15,8)	69 (50-100)
BMI	22,44 (2,9)	21,33 (18,4-27,6)	22,87 (2,2)	22,9 (20,2-27,7)
sport týdně	23,94 (3,5)	24 (20-30)	3,56 (2,2)	3 (0-7)

SD-směrodatná odchylka; věk (rok), výška (cm), hmotnost (kg), sport týdně (hodin)

Každý z probandů byl seznámen s charakteristikou měření, měřící metodou a možnými riziky výzkumu, mezi které patřila ztráta rovnováhy nebo pád během některého z testů. Rizika byla eliminována dodržováním přesného postupu testování dle manuálu, použitím bezpečnostních popruhů v průběhu testování a také přítomností pověřené osoby po dobu trvání testů. Před započítáním samotného experimentu podepsal každý proband informovaný souhlas. Podepsáním informovaného souhlasu každý účastník výzkumu souhlasí se zpracováním naměřených dat a jejich anonymním použitím v této diplomové práci.

4.3 Sběr dat

Veškerá praktická měření probíhala v kineziologické laboratoři na Fakultě tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze v období listopad 2020–duben 2021. Měření posturální stability probíhalo vždy na dynamickém počítačovém posturografu NeuroCom Smart EquiTest za současného dohledu pověřené osoby a dodržení všech bezpečnostních opatření pro minimalizaci rizik spojených s průběhem experimentu. Výzkum byl schválen etickou komisí Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy pod jednacím číslem 169/2020 a je přiložen k této diplomové práci v přílohách.

4.4 Časový rozvrh výzkumu

Po vstupu do kineziologické laboratoře UK FTVS byla probandovi nejprve vysvětlena charakteristika výzkumu, jeho průběh a možná rizika. Následovalo odebrání anamnestických dat. Na tento úvod bylo u každého jedince vymezeno 10-15 minut. Poté proběhlo navléknutí bezpečnostního sedáku a upevnění probanda k testovacímu přístroji. Následně mohlo započít měření. Samotné měření na posturografu trvalo 30-40 minut. Celkový čas, vymezený pro měření posturální stability jednoho probanda, byla 1 hodina.

4.5 Průběh výzkumu

Po příchodu do kineziologické laboratoře UK FTVS byl každý proband nejprve seznámen s charakteristikou výzkumu, jeho průběhem a možnými riziky. Po dostatečném vysvětlení přesného průběhu měření byl probandovi vydán informovaný souhlas k podepsání. Tento informovaný souhlas byl probandům zaslán již předem pro možnost dřívějšího seznámení se s charakterem výzkumu a možností dotázat se na

případné nejasnosti. Následovalo odebrání anamnestických dat (jméno, příjmení, datum narození, výška, hmotnost, tréninkové zatížení, přítomnost prodělaného úrazu kolenního kloubu v minulosti, přítomnost jiného úrazu, laterality, odrazová noha). Měření všech probandů probíhalo vždy za stejných technických podmínek. Při jednom měření byl přítomen pouze jeden proband. Všichni probandi absolvovali měření ve sportovním pohodlném oblečení. U každého jedince byla v kineziologické laboratoři stanovena hmotnost, vždy na stejné váze, a spolu s jeho výškou byly tyto hodnoty zaznamenány do systému. Dominance dolní končetiny byla zjišťována dotazem na odrazovou končetinu. Po zaevidování probanda hlavním řešitelem do systému byla vybrána odpovídající velikost bezpečnostního sedáku a následně byl proband instruován k jeho obléknutí pro eliminaci případných rizik výzkumu. Poté následoval vstup na testovací plošinu na bosu a připnutí probanda k popruhům, visícím z horního okraje přístroje pomocí dvou karabin. V těchto popruzích byla zanechána určitá volnost, aby byl probandovi umožněn přirozený pohyb a schopnost balancovat. Následně proběhla korekce přesného nastavení chodidel dle manuálu. Poté mohlo začít samotné měření. Proběhla sada sedmi testů – SOT, ADT, LOS, WBS, US, MCT, RWS. Každý proband podstoupil sadu všech sedmi testů v pořadí nastaveném přístrojem bez opuštění testovací plošiny v průběhu testování. Žádný z probandů neměl možnost vyzkoušet si některý z testů předem. Žádný z probandů nevykazoval známky pro vyřazení z výzkumu.

4.6 Použité metody

Měření probandů probíhalo v kineziologické laboratoři UK FTVS pomocí dynamického počítačového posturografu NeuroCom Smart EquiTest System. Pro tento výzkum bylo z testové baterie sedmi testů vybráno pět následujících testů: Motor Control Test (MCT), Adaptation Test (ADT), Rhythmic Weight Shift (RWS), Limits of Stability (LOS) a Unilateral Stance (US), které zkoumají posturální stabilitu jedince. Před započítáním jednotlivých měření byl každý proband seznámen s charakterem měření a možnými riziky, byl mu vysvětlen princip měření a odevzdal podepsaný informovaný souhlas. Poté proběhlo samotné měření a vznikla data, která byla následně zpracována pomocí Neurocom Balance Manager Software.

4.6.1 NeuroCom Smart Equi Test System

Hlavním použitým přístrojem pro tuto diplomovou práci byl dynamický počítačový posturograf NeuroCom Smart EquiTest System, který je specificky vyvinutý za účelem měření statické a dynamické stability jedince. Hodnotí schopnost klidného stoje, volního pohybu, pohybovou reakci těla na neočekávanou změnu vyvolanou vnějším prostředím a následnou schopnost navrácení se do klidové pozice. Systém umožňuje vyšetřovat uvedené schopnosti za různých podmínek. Během specifických testů lze odlišit vyšetření vestibulárního, vizuálního či somatosenzorického systému. Přístroj umožňuje objektivní a systematickou manipulaci se sensorickými vjemy, ze kterých následně vychází přesná data o sensorickém či motorickém postižení. Přístroj také vylepšuje schopnost diagnostiky a léčby problémů s posturální stabilitou nejen u sportovců, ale i u pacientů po prodělaných těžkých onemocněních (Concordia University, 2015; Natus, 2014a).

Přístroj je složen ze dvou základních částí (viz Obrázek 6). První částí je tenzometrická silová plošina, na které proband během vyšetřování stojí. Současně je z přední strany a také z bočních stran obklopen kabinou se specifickým vzorem, která má schopnost se během testů pohybovat. Druhou část představuje počítač a vyhodnocovací systém. Přístroj s tenzometrickou plošinou je připojen k počítači, na kterém je nainstalován program, který samotný systém spouští. Součástí celkového vybavení jsou popruhy, pomocí kterých je proband k přístroji upevněn, dále monitor pro vyšetřujícího, monitor pro vyšetřovaného, dálkové ovládání, klávesnice, tiskárna a některé doplňkové části pro rozšíření možností vyšetřování, které ovšem nejsou součástí této práce (Natus, 2014a; Vomáčková, 2020).



Obrázek 6 - Neurocom (Natus, 2013)

NeuroCom vyhodnocuje tyto čtyři hlavní měrné hodnoty:

- Center of Force (COF)

Při stožení působí každá část těla určitou silou na stojnou plošinu v místě kontaktu. COF je součet všech sil působících z končetin do jednoho místa. Při stožení na dvou končetinách je COF uprostřed mezi končetinami. Při stožení na jedné končetině se nachází v místě kontaktu končetiny a podložky.

- Center of Gravity (COG)

Gravitace vyvíjí tlak na každou část lidského těla, odpovídající hmotnosti dané části těla. Pojem COG představuje hypotetický bod, do kterého se promítají všechny tíhové síly působící na těleso. U člověka ve vzpřímeném stožení se tento bod nachází v dolní části trupu. Jelikož se jedná o bod hypotetický, může se při určitém postavení těla nacházet i mimo něj.

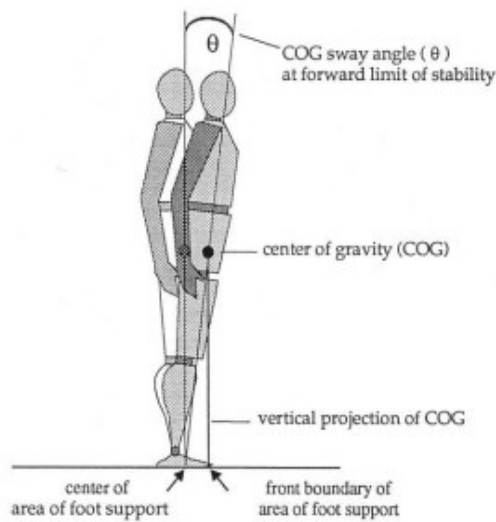
- Center of Mass (COM)

Jedná se o centrum hmoty, které je u těles stojících na zemi stejné, jako COG.

- Center of Pressure (COP)

COP lze definovat jako sílu, která působí na těleso v kontaktu se stojnou plochou, dělenou plochou dotyku. Pokud se osoba nachází v klidném vzpřímeném stožení, COP se rovná COF. Při pohybu dochází ke změně (Concordia University, 2015; Natus, 2013).

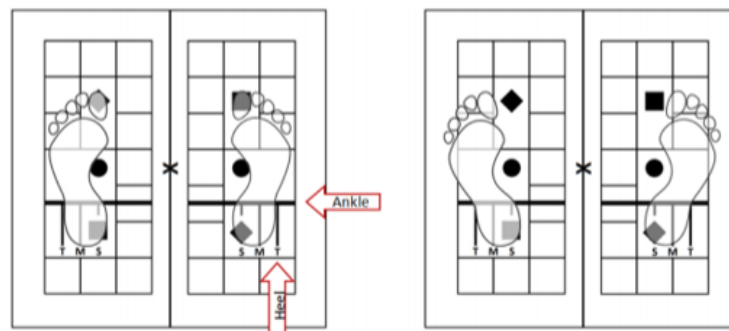
Na následujícím Obrázku 7 lze vidět osobu balancující na testovací plošině s vyznačenými měrnými hodnotami. Z obrázku lze také odečíst úhel, pod kterým se testovaná osoba naklonila směrem anteriorním při snaze balancovat na stojné plošině. Současně lze pomocí tohoto přístroje ozřejmit maximální anteriorní, posteriorní a laterální úhly, kterých lze při balancování dosáhnout, aniž by jedinec provedl záchranný krok či pád (Concordia University, 2015; Natus, 2013).



Obrázek 7 - Měrné hodnoty při stoji na testovací plošině (Natus, 2013)

Všechny osoby, které se účastní měření na tomto přístroji, musí mít na sobě bezpečnostní sedák, který je po vstupu na testovací plošinu popruhy připevněn k posturografu. K dispozici jsou velikosti S, M a L. Bezpečnostní sedák obepíná probandova stehna, pánev a přibližně v úrovni pasu je zajištěn pomocí přezky. Přítomnost tohoto sedáku zvyšuje celkovou bezpečnost při měření a snižuje nežádoucí rizika. Důležitou roli při umístění probanda na posturograf hraje postavení chodidel na měřící desce. Aby přístroj mohl správně měřit, je třeba probanda nastavit dle daných pravidel do přesného postavení. Dle Obrázku 8 je potřeba umístit mediální kotník na horizontální linii, následně laterální stranu paty na vertikální linii s označením T. Prsty směřují dopředu. Pokud je proband takto nastaven, může uvést chodidla do lehkého zevně rotačního postavení pro udržení lepší stability a komfortnější pozice. Důležité je, aby mediální kotníky a paty zůstaly na požadovaném místě po celou dobu měření. Během provádění veškerých testů musí být chodidla probanda neustále v plném kontaktu se stojnou plošinou. Vyšetřovanému je před započítáním testu vždy potřeba

sdělit, aby zachoval klidný a co nejvíce vyvážený stoj. Pokud proband během některého z testů ztratí stabilitu tak, že následuje pád, měření je nutno provést znovu (Concordia University, 2015).



Obrázek 8 - Postavení chodidel na stejné plošině (Concordia University, 2015)

Samotné měření spočívá v sérii sedmi testů, pomocí kterých lze stabilitu jedince diagnostikovat, ale při jejich opakovaném provádění lze stabilitu také trénovat, a používat tak posturograf jako tréninkový nástroj pro zlepšování posturální stability jedince. Bezpečnost a efektivita měření závisí nejen na vlastnostech samotného přístroje, ale také na péči a údržbě přístroje ze strany člověka (Concordia University, 2015; Natus, 2014b).

NeuroCom SMART Equi Test zahrnuje následující standardizované vyšetřovací testy:

- Sensory Organisation Test (SOT) – hodnotí složky senzorického systému
- Motor Control Test (MCT) – hodnotí schopnost návratu do stabilizované polohy po neočekávaném vychýlení
- Adaptation Test (ADT) – hodnotí schopnost přizpůsobit se změně způsobené zevním prostředím
- Limits of Stability (LOS) – hodnotí přenos těžiště z bodu A do bodu B
- Rhythmic Weight Shift (RWS) – hodnotí schopnost vychýlit těžiště ve dvou určitých osách
- Weight Bearing Squat (WBS) – hodnotí procentuální rozložení hmotnosti těla při definovaném úhlu flexe v kolenních kloubech (0°, 30°, 60°, 90°)
- Unilateral Stance (US) – hodnotí rychlost kolísání těla při stoji na jedné končetině

Soubor výše uvedených testů tvoří jako celek počítačovou dynamickou posturografii (CDP), která je současně unikátním nástrojem sloužícím k diagnostice onemocnění spojených s poruchou stability. Rozmanitost nalezených poruch je díky specifičnosti

jednotlivých testů velmi široká, lze je různě diferencovat od poruch senzorických, motorických, po poruchy centrální. Společným znakem je zjevná poruchy stability. CDP dokáže rozdělit a lokalizovat patologické mechanismy, kterými je stabilita narušena. Ke každému vyšetřovanému systému vypočítá z naměřených hodnot skóre, ze kterého může při následné analýze dat vyplývat funkce konkrétního systému jako insuficientní (Natus, 2014b).

Pro účely této diplomové práce bylo vybráno 5 testů, jejichž provedení bude na následujících stranách podrobně popsáno:

- Motor Control Test (MCT)
- Adaptation Test (ADT)
- Rythmic Weight Shift (RWS)
- Limits of Stability (LOS)
- Unilateral Stance (US)

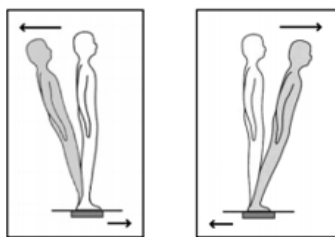
Motor Control Test (MCT)

MCT spočívá v hodnocení automatické posturální reakce po neočekávaném vychýlení způsobeném pohybem vnějšího prostředí. Přesněji se tedy sleduje, za jaký časový úsek je jedinec schopen navrátit se do statické polohy. Charakter pohybu zevního prostředí (stojné plošiny) je translační ve směru horizontálním (viz Obrázek 9) a trvá méně než 1 sekundu. Nejprve jej přístroj provádí směrem posteriorním, poté anteriorním. Začíná se posunem malým („S“ - Small), poté následuje střední („M“ - Medium) a nakonec velký („L“ - Large). Každý posun je opakován 3x. Velikost posunu se odvíjí od tělesné výšky probanda. Během posunu dochází k vychýlení těžiště a probandovým cílem je navrátit těžiště do rovnovážného stavu za nejkratší možný časový úsek. Tato odpověď je hodnocena třemi parametry:

- Amplitude Scaling – reakční síla odpovědi (Newton)
- Latency – udává čas (ms) od počátku posunu plošiny po první motorickou odpověď dolních končetin; hodnoceno pro každou dolní končetinu zvlášť (LR – latency right, LL – latency left)
- Weight Symmetry – rozložení tělesné hmotnosti mezi končetinami během motorické odpovědi; hodnoceno číselným údajem – hodnoty <100 představují vyšší zatížení LDK, hodnoty >100 znamenají vyšší zatížení PDK

Test také v závěru vytvoří Composite Score (ms), který představuje vážený průměr celkového času odezvy všech částí. Pokud během některého z pokusů proband ztratí stabilitu a nastane pád, výsledné skóre se vypočítá jako průměr ze zbylých hodnot. Pokud se objeví druhý pád, výsledek se vynuluje a test je nutno provést znovu (Concordia University, 2015; Natus, 2013).

Pro statistické zpracování byl využit parametr „Latency“.



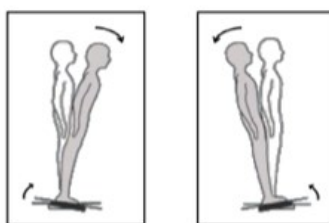
Obrázek 9 - Anteriorní a posteriorní posun (Concordia University, 2015)

Adaptation Test (ADT)

Během testu adaptace dochází k nečekanému naklonění plošiny směrem dorsálním a ventrálním (viz Obrázek 10). Jde o rotaci plošiny kolem osy, proložené kotníky probanda směrem do plantární a dorsální flexe v hlezenních kloubech. Celý soubor tohoto testu zahrnuje 5 opakování každým směrem. Velikost rotace je vždy 8 °. Doba mezi jednotlivými rotačními pohyby je variabilní a pohybuje se mezi 3-5 sekundami. Primárně test sleduje, zda je jedinec schopen modifikovat motorickou reakci a snížit počet kmitů těla potřebných pro návrat do vyvážené polohy. Tento test modifikuje situace, do kterých se člověk dostává během každodenního života, jako jsou například stoj či chůze po nerovném povrchu.

Naměřené hodnoty tohoto testu prezentují časový úsek (s), který jedinec potřebuje k návratu do ideální rovnovážné polohy po neočekávaném pohybu stojné plošiny (Concordia University, 2015; Natus, 2016).

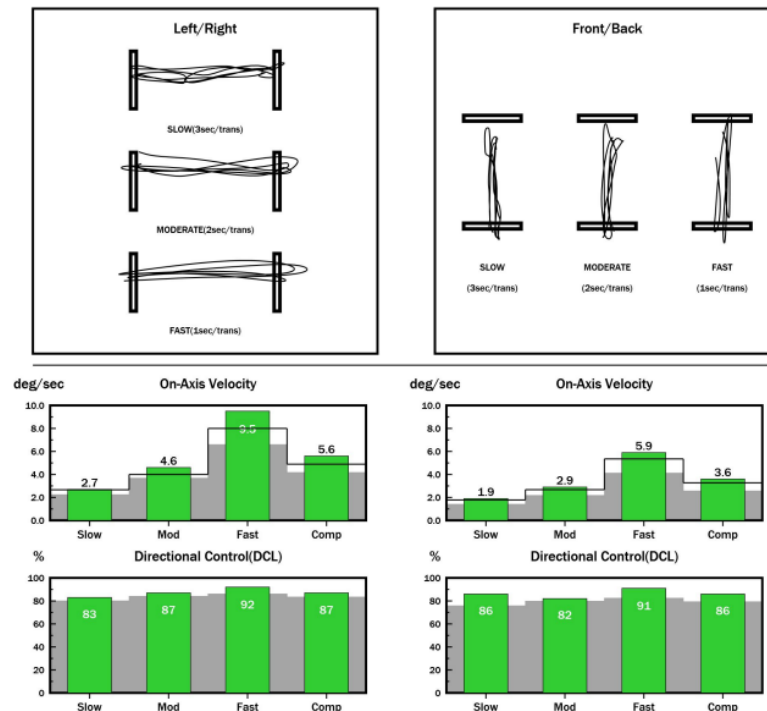
Naměřené hodnoty byly zpracovány pro každý pokus včetně celkového průměru.



Obrázek 10 - Rotace plošiny (Concordia University, 2015)

Rhythmic Weight Shift (RWS)

Jedná se o specifický test rytmických přesunů těžiště probanda, dějících se na základě instrukcí, které proband pozoruje na obrazovce monitoru. Rytmické přesuny se provádí za stálého plného kontaktu chodidel probanda s testovací plošinou, jde tedy o přesuny sloučené s přesuny těžiště (COG). Testování probíhá ve dvou směrech (viz Obrázek 11). První je směr laterolaterální, kdy je proband vyzván ke specifickému přesouvání váhy těla zleva doprava třemi konkrétními rychlostmi vždy po dobu 20 s. Začíná se rychlostí pomalou („S“ slow), poté střední („M“ moderate) a rychlou („F“ fast). Následně se přesuny provádí ve směru anteroposteriorním za stejných podmínek. Měřenými parametry jsou rychlost v ose pohybu OAV (On-Axis Velocity; °/s) a směr pohybu DCL (Directional Control; %), kdy je přímočarý pohyb hodnocen 100 % (Natus, 2013).



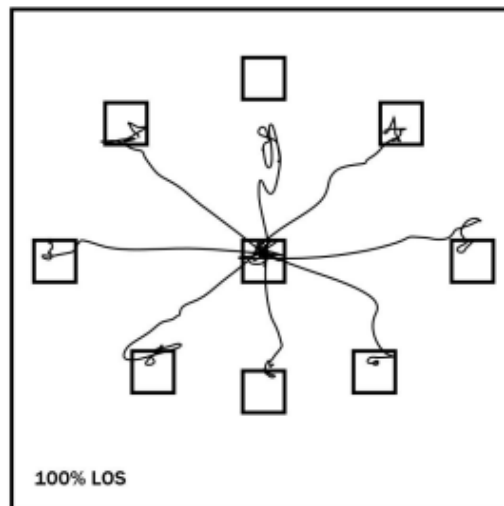
Obrázek 11 - Rhythmic Weight Shift směry (Neurocom)

Při statistickém vyhodnocení byly využity všechny naměřené parametry tohoto testu.

Limits of Stability (LOS)

LOS složí k hodnocení volního pohybového projevu, předem daným směrem a jeho následným zastavením a setrváním v konečné pozici po dobu 8 sekund. K pohybu je proband vyzván zvukovým signálem. Po jeho zaznění by měl co nejrychleji zahájit pohyb z výchozí pozice pomocí přenosu těžiště daným směrem a následně v cílové destinaci setrvat, aniž by přerušil kontakt chodidel se stojnou

plošinou. Po celou dobu trvání testu proband sleduje monitor, na kterém je daný směr pohybu a jeho těžiště zobrazeno. Pohyby se provádí osmi směry (všechny diagonály jsou vůči sobě pod úhlem 45°), každý pouze jednou. Jedná se o tyto směry – forward (F), right (R), backward (B), left (L), right forward (RF), right backward (RB), left backward (LB), left forward (LF) viz Obrázek 12 (Natus, 2013; Natus, 2014a).



Obrázek 12 - *Limits of Stability* – znázornění směrů pohybu (Neurocom)

Hodnotící parametry tohoto testu jsou následující:

- Reaction Time (RT) – časový úsek (s), který uplynul od zvukového signálu po první motorickou reakci probanda
- Movement Velocity (MV) – rychlost náklonu ($^{\circ}/s$); průměrná rychlost pohybu těžiště
- Directional Control (DCL) – hodnotí řízení směru pohybu, ideální a nejefektivnější provedení je přímočarý rychlý pohyb z výchozí do konečné pozice, hodnoceno procentuálně (%) – přímka = 100 %
- Endpoint (EPE) – koncový bod náklonu (%), hodnotí schopnost přesunutí těžiště z výchozí polohy co nejbližší k cíli za udržení plného kontaktu chodidel se stojnou plošinou
- Max Excursions (MXE) – maximální náklon (%) hodnotí schopnost přesunutí siluety panáčka, představujícího COG, co nejbližší k cílovému bodu

Hodnocení stupně naklonění probanda vychází z přístrojem vypočteného maximálního naklonění, které je ještě možné, aby nenastal pád. Toto naklonění činí 12,5 $^{\circ}$ ve směru anteroposteriorním a 16 $^{\circ}$ ve směru laterolaterálním. V Tabulce 5 jsou znázorněny přesné hodnoty maximálního náklonu stanovené přístrojem (Natus, 2013).

Tabulka 5 - Stupně maximálního naklonění (Natus, 2013)

Anterior	8,0 °	12,5 °
Posterior	4,5 °	
Left Lateral	8,0 °	16,0 °
Right Lateral	8,0 °	

Pro účely této práce byl použit parametr COMP, tedy vážený průměr 8 směrů ve všech parametrech.

Unilateral Stance (US)

Test hodnotí stoj na jedné dolní končetině a je prováděn ve dvou variantách. Nejprve stojí vyšetřovaná osoba 3x po dobu 10 s na levé dolní končetině za současné vizuální kontroly a poté je test opakován, ovšem již bez vizuální kontroly. Následuje testování na končetině pravé. Před započítáním testu je pro udržení jednotnosti a stejných podmínek testu vyšetřovaná osoba instruována ke specifickému držení těla během vyšetření (ruce v bok, volná dolní končetina je držena před tělem). Celkově se během testování vyhodnocuje kolísání těžiště vyšetřované osoby stojící na jedné dolní končetině (Concordia University, 2015; Natus, 2013).

Hodnotícím parametrem je zde pohyb těžiště (COG) ve stupních za sekundu (°/s). Čím více testovaná osoba v průběhu testu kolísá, tím menší je její stabilita při stoje na jedné dolní končetině (Concordia University, 2015; Natus, 2013).

Při statistickém zpracování byly využity hodnoty všech měřených parametrů tohoto testu.

Validita a reliabilita

Několik autorů se již v minulosti zabývalo validitou a reliabilitou přístroje NeuroCom. Pro zjištění spolehlivosti přístroje při opakovaném testování byla využita analýza rozptylu opakovaných měření a ICC (Intercalss Correlation Coefficient). Dle Bobaka, 2018 je ICC prezentován číselnou hodnotou od 0 do 1, přičemž hodnota $<0,5$ symbolizuje nízkou reliabilitu, $0,5-0,75$ střední, $0,75-0,90$ dobrou a hodnoty nad $0,90$ excelentní reliabilitu. Výzkum, který se zabýval reliabilitou testů MCT a LOS prokázal ICC $0,87-0,92$, tedy reliabilitu dobrou až excelentní. Lininger, 2018 testovala opakovaně reliabilitu LOS testu a její hodnoty se pohybovaly od $0,76$ (EPE) do $0,95$ (MVL), přičemž parametry MVL, DC a MXE dosahovaly reliability excelentní. Celkově byly ADT, MCT, LOS a SOT NeuroComu dle provedených výzkumů ohodnoceny jako testy, zabezpečující validní měření s dobrou až excelentní reliabilitou. Pro test US, RWS a WBS nebyla zatím validita a reliabilita změřena (Bobak, 2018; Harro, 2016, Leitner, 2009; Lininger, 2018).

4.7 Analýza a zpracování dat

V průběhu testování byla veškerá naměřená data ukládána v programu NeuroCom Balance Manager Software. Následně byla data přenesena do programu Excel ze skupiny Microsoft Office. Zde byly údaje dále zpracovány. Byly vytvářeny tabulky, prezentující hodnoty jednotlivých skupin probandů v konkrétních testech. U dat byl vždy vypočítán průměr, směrodatná odchylka, medián, minimum a maximum. (Pro výpočet průměru byla využita funkce PRŮMĚR a pro výpočet směrodatné odchylky funkce SMODCH.S.VÝBĚR). Pro zjištění normality rozložení dat byl použit Smirnov-Kormongolov test. Dle jeho výsledku byla data s normálním rozložením dále zpracovávána pomocí Studentova t-testu, který obsahoval dvě matice, dva chvosty a dva výběry s různým rozptylem. Data, která normálnímu rozložení neodpovídala, byla zpracována pomocí Mann Whitney U testu. Z provedených testů byla hlavním sledovaným parametrem p-hodnota, která určovala statistickou významnost. Hladina statistické významnosti pro hodnocení provedených testů byla nastavena na úroveň $\alpha = 0,05$. Pokud dosáhla některá ze skupin alespoň v polovině parametrů konkrétního testu na p-hodnotu $<0,05$, je v této práci považována v daném testu za lepší. Ke stanovení velikosti rozdílu mezi porovnávanými skupinami byla určena také klinická (věcná) významnost (Effect Size – ES) – Cohenovo d. Tabulka 6 znázorňuje míru významnosti

Cohenova d pomocí zbarvení buněk tabulky. Bílou barvou jsou zbarveny hodnoty klinicky nevýznamné (do 0,2), šedou barvou hodnoty s nízkou klinickou významností (0,2-0,5). Následně modrou barvou hodnoty se střední klinickou významností (0,5- 0,8) a hodnoty, mající vysokou klinickou významnost (nad 0,8) jsou zbarveny červeně (Cohen, 1992; Soukup, 2013; Soukup, 2017).

Tabulka 6 - Hodnoty klinické významnosti (Cohen, 1992)

Klinická významnost	
Nevýznamná	$\leq 0,2$
Nízká	0,2-0,5
Střední	0,5-0,8
Vysoká	$\geq 0,8$

V následující kapitole jsou prezentovány výsledky práce pomocí přehledných tabulek.

5 Výsledky

V následující kapitole „Výsledky“ jsou prezentována statisticky zpracovaná data všech probandů. Jednotlivá data jsou seskupena v tabulkách, ve kterých je patrné rozdělení na skupinu Experimentální a Kontrolní a dále na skupinu Se zraněním a Bez zranění kolenního kloubu. Každá tabulka odpovídá konkrétnímu provedenému testu a obsahuje parametry naměřených a vyhodnocených hodnot daného testu, které jsou pro tuto práci žádoucí.

U každého hodnoceného testu jsou v tabulce uvedeny základní hodnoty – průměr, směrodatná odchylka (SD), medián (MED), minimum (MIN) a maximum (MAX). Dále jsou uvedeny p-hodnoty, prezentující statistickou významnost daného výsledku. Hladina statistické významnosti je pro tuto práci určena jako $\alpha = 0,05$. Veškerá data, nepřekračující tuto hodnotu a prokazující statistickou významnost, jsou zvýrazněna tučně. Dále je v tabulkách uvedena klinická významnost – ES (Effect Size), která je rozdělena na významnost nízkou (0,2-0,5), střední (0,5-0,8) a vysokou (>0,8). Za nevýznamné jsou považovány hodnoty <0,2. Pro jasné znázornění je klinická významnost nízká zvýrazněna barvou šedou, střední modrou a významnost vysoká je zvýrazněna barvou červenou. Názvy konkrétních parametrů, které vycházejí ve prospěch skupiny Experimentální nebo skupiny Bez zranění, jsou pro snazší a rychlejší orientaci zvýrazněny růžovou barvou.

5.1 Výsledky Motor Control Test (MCT)

Motor Control test se zabývá hodnocením automatické posturální reakce po neočekávaném vychýlení, způsobeném posunem stojné plošiny. Jedná se o posun translační, horizontální, nejprve 3x ve směru posteriorním a následně anteriorním. Velikosti posunů se stupňují od malého („S“ small), středního („M“ medium) po velký („L“ large). V závěru je vytvořen vážený průměr (COMP) všech pokusů. Hodnotící parametry jsou zde celkem tři (Amplitude Scaling, Latency a Weight Symetry). Pro účely této práce byly využity a v tabulce jsou zobrazeny pouze hodnoty parametru „Latency“, který představuje časový úsek (ms) od posunu plošiny po motorickou odpověď probanda.

Následující Tabulka 7 představuje hodnoty experimentální a kontrolní skupiny, parametru „Latency“ (ms). V první části tabulky jsou uvedeny hodnoty během posunu

vpřed. Dle p-hodnoty je patrné, že veškeré tyto parametry prokazují statisticky významný rozdíl. Parametry SR ($p<0,01$), ML ($p<0,01$), FL ($p<0,01$) a FR ($p=0,03$) vycházejí ve prospěch skupiny experimentální. V druhé části Tabulky 7 jsou uvedeny hodnoty při posunu vzad, které opět prokazují statisticky významné rozdíly ve všech parametrech. Ve prospěch skupiny experimentální vychází parametr SL ($p=0,03$), SR ($p<0,01$), MR ($p=0,01$), FL ($p<0,01$) a také vážený průměr COMP ($p<0,01$). Současně je u dvou z nich přítomna střední klinická významnost SL ($ES = 0,52$) a SR ($ES = 0,51$).

Tabulka 7 - Motor Control Test – Experimentální a Kontrolní skupina

MCT	Experimentální skupina		Kontrolní skupina			
(ms)	Průměr (SD)	Medián (min-max)	Průměr (SD)	Medián (min-max)	p-hodnota	ES
Forward (ms)						
SL	141,9 (15,15)	140 (120-170)	135,0 (11,55)	135 (110-160)	<0,01*	0,06
SR	135,0 (12,65)	135 (110-160)	147,5 (36,24)	140 (110-270)	<0,01*	0,18
ML	131,9 (12,23)	130 (120-160)	141,9 (34,68)	130 (110-260)	<0,01*	0,12
MR	132,5 (11,25)	130 (120-150)	130,6 (15,69)	130 (100-170)	<0,01*	0,05
FL	128,8 (15,00)	125 (110-160)	132,5 (20,82)	130 (110-200)	<0,01*	0,07
FR	125,6 (12,09)	125 (110-150)	133,8 (30,52)	125 (110-240)	0,03*	0,34
Backward (ms)						
SL	135,0 (11,55)	135 (120-150)	135,6 (10,31)	140 (120-150)	0,03*	0,52
SR	135,0 (13,66)	135 (110-160)	138,1 (20,73)	140 (110-200)	<0,01*	0,51
ML	128,1 (14,24)	125 (100-160)	126,3 (17,84)	120 (110-170)	<0,01*	0,43
MR	126,3 (10,88)	130 (110-140)	126,9 (15,37)	120 (110-170)	0,01*	0,14
FL	123,7 (8,85)	120 (110-140)	124,4 (9,64)	125 (110-140)	<0,01*	0,21
FR	125,6 (8,92)	130 (110-140)	122,5 (9,31)	120 (110-140)	<0,01*	0,38
COMP	129,6 (11,14)	128 (114-155)	130,9 (12,77)	127 (119-165)	<0,01*	0,11

SD-směrodatná odchylka; p-hodnota rozdíl mezi skupinami (Mann Whitney U Test/T-test), tučně zvýrazněna statisticky významná hodnota; ES (Effect Size) – klinická významnost, měřeno Cohenovým d, barevné rozlišení (šedá – nízká/modrá – střední/červená – vysoká); COMP (Composite Score)*

V Tabulce 8 jsou uvedeny hodnoty skupiny se zraněním a bez zranění kolenního kloubu. Dle naměřených p-hodnot je patrné, že žádný z parametrů v tomto testu neproazuje statisticky významné rozdíly. U parametru SR při posunu vzad je přítomna střední klinická významnost ($ES=0,76$) ve prospěch skupiny se zraněním. Z pouhého porovnání naměřených hodnot vyplývá, že skupina se zraněním byla lepší v parametru

MR, FL, FR při posunu vpřed a dále SL, SR při posunu vzad a také COMP. Ve zbylých parametrech byla lepší skupina bez zranění.

Tabulka 8 – Motor Control Test – Se zraněním a Bez zranění

MCT	Se zraněním (n=8)		Bez zranění (n=8)			
(ms)	Průměr (SD)	Medián (min-max)	Průměr (SD)	Medián (min-max)	p-hodnota	ES
Forward (ms)						
SL	145,0 (13,09)	140 (130-160)	138,8 (17,27)	135 (120-170)	0,76*	0,36
SR	137,5 (12,82)	135 (120-160)	132,5 (12,82)	135 (110-150)	0,86*	0,30
ML	133,8 (15,06)	130 (120-160)	130,0 (9,26)	130 (120-140)	0,93*	0,40
MR	131,3 (12,46)	130 (120-150)	133,8 (10,61)	135 (120-150)	0,86*	0,23
FL	127,5 (15,81)	120 (110-160)	140,0 (28,28)	130 (110-200)	0,71*	0,44
FR	125,0 (13,09)	125 (110-150)	126,3 (11,88)	125 (110-150)	0,95*	0,10
Backward (ms)						
SL	132,5 (12,82)	130 (120-150)	137,5 (10,35)	140 (120-150)	0,78*	0,48
SR	130,0 (13,09)	130 (110-150)	140,0 (13,09)	140 (120-160)	0,64*	0,76
ML	128,8 (17,27)	130 (100-160)	127,5 (11,65)	120 (120-150)	0,89*	0,10
MR	127,5 (11,65)	130 (110-140)	126,3 (9,16)	120 (120-140)	0,89*	0,14
FL	123,8 (9,16)	120 (110-140)	123,8 (9,16)	120 (110-140)	0,98*	0
FR	126,3 (9,16)	130 (110-140)	125,0 (9,26)	125 (110-140)	0,93*	0,13
COMP	128,6 (10,40)	128 (114-144)	130,5 (12,47)	128 (116-155)	0,75*	0,15

SD-směrodatná odchylka; p-hodnota rozdíl mezi skupinami (Mann Whitney U Test/T-test), tučně zvýrazněna statisticky významná hodnota; ES (Effect Size) – klinická významnost, měřeno Cohenovým d, barevné rozlišení (šedá – nízká/modrá – střední/červená – vysoká); COMP (Composite Score)*

5.2 Výsledky Adaptation Test (ADT)

Test adaptace hodnotí schopnost reagovat na neočekávanou změnu způsobenou rotačním pohybem stejné plošiny, dle osy proložené hlezenními klouby, směrem ventrálním či dorsálním. Rozsah pohybu je vždy 8 °. Stejný pokus je vždy opakován celkem 5x (ADTU-1, ADTU-2, ADTU-3, ADTU-4, ADTU-5) a v závěru je uveden vážený průměr hodnot (COMP). V Tabulce 9 jsou uvedeny zpracované hodnoty všech probandů skupiny experimentální i kontrolní při variantě Toes Up, kdy se pohyb stejné plošiny děje směrem dorsálním. Tabulka 10 představuje také porovnání hodnot experimentální a kontrolní skupiny, ovšem při opačném pohybu – Toes Down, směrem

ventrálním. Naměřené hodnoty představují časový úsek (s), za který je jedinec schopen navrátit se do rovnovážné polohy.

V Tabulce 9 lze vidět statisticky významný rozdíl u parametru ADTU-1, kde je velikost p-hodnoty $<0,01$. Současně nacházím u testu ADTU-1 také střední klinickou významnost ($ES=0,73$). Pouze parametr ADTU-1 vychází jako statisticky významný se současnou střední klinickou významností ve prospěch skupiny experimentální. Při pouhém porovnání hodnot lze vidět, že v parametrech ADTU-2 a ADTU-5 jsou hodnoty u experimentální skupiny nižší, dosáhli v nich tedy lepších výsledků ve srovnání s kontrolní skupinou.

Tabulka 9 - Adaptation Test – Toes Up – Experimentální a Kontrolní skupina

TOES UP (s)	Experimentální skupina		Kontrolní skupina		p-hodnota	ES
	průměr (SD)	Medián (min – max)	průměr (SD)	Medián (min – max)		
ADTU-1	65,3 (13,11)	61,5 (47-87)	75,8 (15,77)	73,0 (52-99)	<0,01*	0,73
ADTU-2	67,9 (14,13)	69,0 (50-92)	70,9 (19,62)	66,0 (38-108)	0,63	0,17
ADTU-3	64,1 (17,58)	63,5 (39-110)	59,5 (16,02)	59,5 (30-96)	0,44	0,28
ADTU-4	59,2 (11,13)	59,5 (37-77)	56,0 (10,97)	55,0 (36-84)	0,42	0,29
ADTU-5	55,6 (11,63)	55,0 (37-80)	56,1 (12,77)	53,0 (41-83)	0,90*	0,04

SD-směrodatná odchylka; p-hodnota rozdíl mezi skupinami (Mann Whitney U Test/T-test), tučně zvýrazněna statisticky významná hodnota; ES (Effect Size) – klinická významnost, měřeno Cohenovým d, barevné rozlišení (šedá – nízká/modrá – střední/červená – vysoká); ADTU (Adaptation Test Toes Up)*

V Tabulce 10 jsou zobrazeny hodnoty při opačném pohybu stojné plošiny, tedy směrem ventrálním – Toes Down. Statistickou významnost prokazuje parametr ADTW-1 ($p<0,01$), ADTW-2 ($p=0,03$), ADTW-3 ($p=0,01$) a ADTW-4 ($p=0,01$). Klinická významnost zde je pouze nízká nebo bezvýznamná. Pouze parametr ADTW-1 vychází ve prospěch skupiny experimentální, zbylé ve prospěch skupiny kontrolní.

Tabulka 10 - Adaptation test – Toes Down – Experimentální a Kontrolní skupina

TDWN (s)	Experimentální skupina		Kontrolní skupina		p-hodnota	ES
	průměr (SD)	Medián (min - max)	průměr (SD)	Medián (min - max)		
ADTW-1	55,6 (10,86)	54,0 (40-74)	56,2 (9,95)	54,5 (42-89)	<0,01*	0,05
ADTW-2	46,9 (8,93)	45,0 (33-64)	43,3 (6,61)	42,5 (31-58)	0,03*	0,46
ADTW-3	42,6 (8,73)	40,5 (32-60)	41,6 (8,48)	39,0 (29-60)	0,01*	0,12
ADTW-4	43,4 (7,00)	43,0 (30-57)	42,5 (7,51)	41,5 (29-56)	0,01*	0,12
ADTW-5	44,1 (8,15)	42,0 (33-59)	40,8 (7,75)	40,5 (27-56)	0,26	0,40

SD-směrodatná odchylka; p-hodnota rozdíl mezi skupinami (Mann Whitney U Test/T-test), tučně zvýrazněna statisticky významná hodnota; ES (Effect Size) – klinická významnost, měřeno Cohenovým d, barevné rozlišení (šedá – nízká/modrá – střední/červená – vysoká); ADTW (Adaptation Test Toes Down)*

V následující Tabulce 11 jsou prezentovány hodnoty při pokusu Toes Up skupiny gymnastů se zraněním a bez zranění kolenního kloubu. Na základě vypočítaných p-hodnot je patrné, že zde není žádný statisticky významný rozdíl při vzájemném porovnání skupin. Pouze u parametru ADTU-5 je patrná vysoká klinická významnost (ES=0,85) ve prospěch skupiny gymnastů bez zranění. Dle naměřených průměrů lze odečíst, že v parametru ADTU-1 a ADTU-2 dosahovala lepších hodnot skupina se zraněním, ve zbylých reagovala rychleji skupina bez zranění.

Tabulka 11 - Adaptation Test – Toes Up – Se zraněním a Bez zranění

TOES UP (s)	Se zraněním (n=8)		Bez zranění (n=8)		p-hodnota	ES
	průměr (SD)	Medián (min – max)	průměr (SD)	Medián (min – max)		
ADTU-1	63,4 (12,43)	58,0 (50-84)	67,3 (14,33)	69,0 (47-87)	0,57	0,29
ADTU-2	65,9 (16,73)	59,0 (50-92)	70,0 (11,76)	74,5 (52-85)	0,58	0,29
ADTU-3	66,9 (22,89)	63,0 (39-110)	61,4 (10,99)	63,5 (46-81)	0,55	0,32
ADTU-4	61,1 (14,10)	66,5 (37-77)	57,3 (7,63)	58,5 (40-65)	0,50	0,36
ADTU-5	60,1 (13,02)	60,5 (37-80)	51,0 (8,52)	49,0 (42-64)	0,12	0,85

SD-směrodatná odchylka; p-hodnota rozdíl mezi skupinami (Mann Whitney U Test/T-test), tučně zvýrazněna statisticky významná hodnota; ES (Effect Size) – klinická významnost, měřeno Cohenovým d, barevné rozlišení (šedá – nízká/modrá – střední/červená – vysoká); ADTW (Adaptation Test Toes Down)*

V Tabulce 12 pozorujeme porovnání hodnot při pokusu Toes Down. Ani zde není patrný statisticky významný rozdíl mezi skupinou se zraněním a bez zranění, nejbližší je parametr ADTW-1 ($p=0,08$). Dva parametry zde prokazují střední klinickou významnost – ADTW-3 ($ES=0,55$) a ADTW-5 ($ES=0,57$), kdy ADTW-3 je ve prospěch skupiny se zraněním a ADTW-5 ve prospěch skupiny bez zranění. Dále byla naměřena vysoká klinická významnost u parametru ADTW-1 ($ES=0,93$) ve prospěch skupiny se zraněním.

Tabulka 12 - Adaptation Test – Toes Down – Se zraněním a Bez zranění

TDWN (s)	Se zraněním (n=8)		Bez zranění (n=8)		p-hodnota	ES
	průměr (SD)	Medián (min – max)	průměr (SD)	Medián (min – max)		
ADTW-1	51,0 (8,45)	50,5 (40-64)	60,3 (11,51)	62,5 (45-74)	0,08	0,93
ADTW-2	45,5 (8,40)	44,0 (33-61)	48,3 (9,79)	45,5 (37-64)	0,56	0,30
ADTW-3	40,3 (7,83)	37,5 (32-53)	45,0 (9,44)	46,0 (34-60)	0,79*	0,55
ADTW-4	43,4 (9,00)	44,0 (30-57)	43,3 (4,89)	43,0 (36-53)	0,90	0,02
ADTW-5	46,4 (9,69)	47,0 (33-59)	41,9 (6,06)	40,0 (35-52)	0,28	0,57

SD-směrodatná odchylka; p-hodnota rozdíl mezi skupinami (Mann Whitney U Test/T-test), tučně zvýrazněna statisticky významná hodnota; ES (Effect Size) – klinická významnost, měřeno Cohenovým d, barevné rozlišení (šedá – nízká/modrá – střední/červená – vysoká); ADTW (Adaptation Test Toes Down)*

5.3 Výsledky Rhythmic Weight Shift (RWS)

Test Rhythmic Weight Shift měří rytmické přesuny hmotnosti probanda na základě instrukcí z monitoru. Jedná se o přesuny směrem laterolaterálním v pomalé („S“ slow), střední („M“ Moderate) a rychlé („F“ Fast) rychlosti a následně ve směru anteroposteriorním, opět třemi rychlostmi. V následující tabulce jsou zobrazeny naměřené hodnoty všech parametrů experimentální a kontrolní skupiny. Měřenými hodnotami jsou rychlost pohybu (OAV) a směrové řízení těžiště (DCL).

První část Tabulky 13 představuje hodnoty OAV (°/s), kde nacházíme celkem 4 statisticky významné rozdíly. Jedná se o testy LR slow ($p=0,03$), LR modrate ($p<0,01$), L fast ($p=0,04$) a FB fast ($p<0,01$). Současně jsou zde patrné také vysoké hodnoty klinicky významných rozdílů u testu LR moderate ($ES=1,09$), LR fast ($ES=0,81$), FB fast ($ES=0,86$), a také jedna hodnota, prokazující střední klinickou významnost LR slow ($ES=0,64$). Veškeré hodnoty OAV vychází ve prospěch skupiny experimentální.

V druhé části tabulky jsou uvedeny hodnoty parametru DCL (%), tedy směrového řízení těžiště. Zde se nachází statisticky významné rozdíly u všech parametrů, ve prospěch skupiny experimentální vycházejí parametry FB slow ($p=0,04$), FB moderate ($p<0,01$) a FB fast ($p=0,01$).

Tabulka 13 - Rhythmic Weight Shift – Experimentální a Kontrolní skupina

RWS	Experimentální skupina		Kontrolní skupina		p-hodnota	ES
	průměr (SD)	Medián (min – max)	průměr (SD)	Medián (min – max)		
OAV (°/s)						
LR slow	3,5 (0,55)	3,6 (2,7-5,0)	3,2 (0,36)	3,2 (2,5-3,8)	0,03*	0,64
LR moderate	5,3 (0,69)	5,1 (4,2-6,6)	4,7 (0,42)	4,6 (4,1-5,4)	<0,01*	1,09
LR fast	10,6 (1,83)	10,6 (7,4-14)	9,4 (1,17)	9,2 (7,3-11,6)	0,04	0,81
FB slow	2,3 (0,28)	2,3 (1,8-2,8)	2,2 (0,32)	2,3 (1,5-2,7)	0,95*	0,06
FB moderate	3,5 (0,39)	3,4 (2,9-4,3)	3,3 (0,34)	3,4 (2,6-3,9)	0,95*	0,39
FB fast	7,1 (1,29)	7,2 (5,4-9,7)	6,3 (0,72)	6,2 (4,8-7,4)	<0,01*	0,86
DCL (%)						
LR slow	81,3 (5,57)	83 (69-88)	81,4 (5,97)	81 (73-96)	<0,01*	0,01
LR moderate	85,4 (3,26)	86 (78-89)	85,6 (3,99)	85 (76-93)	<0,01*	0,05
LR fast	88,6 (3,74)	89 (81-93)	89,8 (3,71)	90 (81-95)	<0,01*	0,32
FB slow	82,7 (5,65)	83 (66-89)	80,2 (7,48)	82 (57-86)	0,04*	0,39
FB moderate	84,7 (4,77)	85 (70-90)	84,3 (4,97)	85 (75-90)	<0,01*	0,09
FB fast	89,4 (3,44)	90 (80-94)	88,4 (4,50)	89 (81-96)	0,01*	0,25

SD-směrodatná odchylka; p-hodnota rozdíl mezi skupinami (Mann Whitney U Test/T-test), tučně zvýrazněna statisticky významná hodnota; ES (Effect Size) – klinická významnost, měřeno Cohenovým d, barevné rozlišení (šedá – nízká/modrá – střední/červená – vysoká; OAV (rychlost v ose pohybu); DCL (směrové řízení těžiště); LR (latero-lateral); FB (front-back)*

Tabulka 14 prezentuje porovnání hodnot skupiny gymnastů se zraněním a bez zranění v testu rytmických přesunů (RWS). Mezi skupinami nebyl naměřen žádný statisticky významný rozdíl. Je zde několik parametrů se střední klinickou významností. V první části tabulky, která se věnuje sledování rychlosti pohybu, se jedná o parametry LR slow (ES=0,57), LR fast (ES=0,63), FB slow (ES=0,63), FB fast (ES=0,72), všechny ve prospěch skupiny bez zranění. V druhé části tabulky je sledováno směrové řízení těžiště, střední klinickou významnost zde prokazuje parametr LR fast (ES=0,76) a FB moderate (ES=0,53), přičemž parametr LR fast je ve prospěch skupiny bez zranění. V tomto testu dosahovala skupina gymnastů bez zranění lepších hodnot ve většině parametrů.

Tabulka 14 - Rhythmic Weight Shift – Se zraněním a Bez zranění

RWS	Se zraněním (n=8)		Bez zranění (n=8)		p-hodnota	ES
	průměr (SD)	Medián (min – max)	průměr (SD)	Medián (min – max)		
OAV (°/s)						
LR slow	3,4 (0,49)	3,4 (2,7-4,2)	3,7 (0,60)	3,6 (3,0-5,0)	0,87*	0,57
LR moderate	5,2 (0,76)	4,9 (4,2-6,6)	5,4 (0,65)	5,4 (4,6-6,5)	0,62	0,25
LR fast	10,1 (1,91)	9,6 (7,4-12,9)	11,2 (1,69)	11,1 (8,9-14)	0,23	0,63
FB slow	2,2 (0,26)	2,2 (1,9-2,6)	2,4 (0,29)	2,4 (1,8-2,8)	0,22	0,63
FB moderate	3,4 (0,40)	3,3 (2,9-4,1)	3,6 (0,38)	3,6 (3,0-4,3)	0,35	0,48
FB fast	6,7 (1,25)	6,0 (5,4-8,4)	7,6 (1,24)	7,6 (5,7-9,7)	0,17	0,72
DCL (%)						
LR slow	80,3 (6,71)	82,5 (69-87)	82,5 (4,31)	83,5 (76-88)	0,81*	0,41
LR moderate	84,9 (3,31)	86,0 (78-88)	85,9 (3,36)	87 (82-89)	0,78*	0,30
LR fast	87,3 (4,53)	87,0 (81-92)	89,9 (2,36)	90,5 (86-93)	0,17	0,76
FB slow	81,9 (7,31)	83,0 (66-89)	83,6 (3,62)	83,5 (78-89)	0,56	0,32
FB moderate	85,9 (2,85)	87,0 (82-89)	83,5 (6,12)	83,5 (70-90)	0,88*	0,53
FB fast	89,8 (1,83)	90,0 (86-92)	89,0 (4,66)	89,5 (80-94)	0,95*	0,23

SD-směrodatná odchylka; p-hodnota rozdíl mezi skupinami (Mann Whitney U Test/T-test), tučně zvýrazněna statisticky významná hodnota; ES (Effect Size) – klinická významnost, měřeno Cohenovým d, barevné rozlišení (šedá – nízká/modrá – střední/červená – vysoká; OAV (rychlost v ose pohybu); DCL (směrové řízení těžiště); LR (latero-lateral); FB (front-back)*

5.4 Výsledky Limits of Stability (LOS)

Účelem LOS testu je hodnocení pohybového projevu předem daným směrem, jeho zastavení a setrvání v cílové pozici po určitou dobu. Pohyb proband zahájí co nejrychleji po zaznění zvukového signálu a následně přemístí těžiště z výchozí pozice do pozice cílové. Pohyb se provádí celkem osmi směry, v každém směru pouze jednou. V Tabulce 15 lze vidět hodnoty všech parametrů – RT (časový úsek od zaznění signálu po motorickou reakci probanda), MVL (průměrná rychlost pohybu těžiště), DCL (řízení směru pohybu), EPE (koncový bod náklonu), MXE (maximální náklon).

Tabulka 15 prezentuje porovnání experimentální a kontrolní skupiny. Jsou zde přítomny statisticky významné rozdíly v parametru MVL ($p=0,04$), DCL ($p<0,01$), EPE ($p<0,01$) a MXE ($p<0,01$). Parametry MVL, EPE a MXE vychází ve prospěch experimentální skupiny. Jsou zde i hodnoty s vysokou klinickou významností. Jedná se o parametry EPE (ES=1,02) a MXE (1,44) a také jeden parametr se střední klinickou významností RT (ES=60).

Tabulka 15 - Limits od Stability – Experimentální a Kontrolní skupina

LOS	Experimentální skupina		Kontrolní skupina		p-hodnota	ES
	Průměr (SD)	Medián (min-max)	Průměr (SD)	Medián (min-max)		
RT (s)	0,64 (0,3)	0,57 (0,5-1,0)	0,76 (0,2)	0,72 (0,5-1,1)	0,20	0,60
MVL (°/s)	5,14 (1,5)	5,27 (2,8-8,9)	4,80 (1,34)	4,49 (3,0-7,5)	0,04	0,24
DCL (%)	83,37 (3,0)	84,13 (76,9-86,9)	83,90 (6,86)	84,88 (62,4-92,4)	<0,01	0,11
EPE (%)	87,18 (5,6)	86,25 (77,5-98,9)	79,07 (9,0)	77,88 (63,6-95,0)	<0,01	1,02
MXE (%)	101,20 (2,2)	100,88 (98,2-106)	96,03 (4,93)	96,88 (87,0-104,1)	<0,01	1,44

SD-směrodatná odchylka; p-hodnota rozdíl mezi skupinami (Mann Whitney U Test/T-test), tučně zvýrazněna statisticky významná hodnota; ES (Effect Size) – klinická významnost, měřeno Cohenovým d, barevné rozlišení (šedá – nízká/modrá – střední/červená – vysoká)*

Tabulka 16 prezentuje hodnoty testu LOS skupiny gymnastů se zraněním kolenního kloubu a bez zranění. Žádný z naměřených parametrů neprokazuje statisticky významný rozdíl mezi skupinami, nejbližší je ke statistické významnosti parametr MVL ($p=0,08$), kdy byla průměrná rychlost pohybu těžiště u jedinců bez zranění rychlejší. Z hlediska klinické významnosti prokazuje právě parametr MVL vysokou klinickou významnost. Dále zde nacházíme střední klinickou významnost u parametru RT, DCL a MXE. Dle uvedených číselných hodnot v Tabulce 12 lze odvodit, že v parametru RT, MVL a MXE dosáhla lepších výsledků skupina gymnastů bez zranění.

Tabulka 16 - Limits of Stability – Se zraněním a Bez zranění

LOS	Se zraněním (n=8)		Bez zranění (n=8)		p-hodnota	ES
	Průměr (SD)	Medián (min-max)	Průměr (SD)	Medián (min-max)		
RT (s)	0,70 (0,2)	0,62 (0,5-1,0)	0,59 (0,1)	0,56 (0,4-1,2)	0,25	0,62
MVL (°/s)	4,47 (1,3)	4,84 (2,8-5,9)	5,81 (1,5)	5,39 (4,3-8,9)	0,08	0,95
DCL (%)	84,17 (2,6)	84,69 (79,3-86,9)	82,56 (3,4)	83,06 (76,9-86,7)	0,31	0,54
EPE (%)	87,45 (7,2)	85,69 (77,5-98,9)	86,91 (4,1)	86,94 (82,0-92,2)	0,85	0,10
MXE (%)	100,47 (1,5)	100,25 (98,3-102,9)	101,92 (2,7)	101,88 (98,4-106,5)	0,20	0,69

SD-směrodatná odchylka; p-hodnota rozdíl mezi skupinami (Mann Whitney U Test/T-test), tučně zvýrazněna statisticky významná hodnota; ES (Effect Size) – klinická významnost, měřeno Cohenovým d, barevné rozlišení (šedá – nízká/modrá – střední/červená – vysoká);*

5.6 Výsledky Unilateral Stance (US)

Následující test se zabývá testováním stoje na jedné dolní končetině. Tento test je prováděn nejprve během stoje na levé dolní končetině s vizuální kontrolou, poté bez vizuální kontroly a následně stoj za stejných podmínek na končetině pravé. Hodnotícím parametrem je zde pohyb těžiště (COG) ve stupních za sekundu ($^{\circ}/s$).

Nejprve uvádím Tabulku 17, porovnávající hodnoty experimentální a kontrolní skupiny. Není zde patrný žádný statisticky ani klinicky významný rozdíl. Klinická významnost byla naměřena pouze nízká u parametru L-EO. Při podrobném porovnání lze vidět, že hodnoty u parametrů L-EC a R-EC vychází ve prospěch skupiny experimentální, zbylé ve prospěch skupiny kontrolní.

Tabulka 17 - Unilateral Stance – Experimentální a Kontrolní skupina

US	Experimentální skupina		Kontrolní skupina		p-hodnota	ES
	průměr (SD)	Medián (min – max)	průměr (SD)	Medián (min – max)		
L-EO	0,59 (0,11)	0,6 (0,48-0,83)	0,55 (0,10)	0,5 (0,4-0,8)	0,08*	0,40
L-EC	1,57 (0,32)	1,5 (1,03-2,17)	1,66 (0,61)	1,7 (0,67-3,00)	0,61	0,19
R-EO	0,60 (0,13)	0,6 (0,40-0,83)	0,57 (0,17)	0,6 (0,33-0,93)	0,08*	0,19
R-EC	1,64 (0,37)	1,6 (1,10-2,40)	1,75 (0,98)	1,5 (0,83-4,96)	0,14*	0,17

SD-směrodatná odchylka; p-hodnota rozdíl mezi skupinami (Mann Whitney U Test/T-test), tučně zvýrazněna statisticky významná hodnota; ES (Effect Size) – klinická významnost, měřeno Cohenovým d, barevné rozlišení (šedá – nízká/modrá – střední/červená – vysoká); L-EO (Left – Eyes Open), R-EC (Right – Eyes Closed)*

Tabulka 18 prezentuje porovnání hodnot skupiny gymnastů s prodělaným zraněním v oblasti kolenního kloubu v anamnéze a hodnot skupiny gymnastů bez poranění kolene. Je zde patrný jeden statisticky významný rozdíl u testu stoje na levé dolní končetině se zavřenými očima LEC ($p=0,03$) se současnou vysokou klinickou významností ($ES=1,20$) ve prospěch skupiny se zraněním kolene v anamnéze. Dále zde pozorují další dva rozdíly s vysokou klinickou významností. Jedná se o parametr L-EO ($ES=1,20$) a R-EC ($ES=0,85$). Pouhé porovnání naměřených hodnot prokazuje lepší výsledky u skupiny se zraněním ve všech parametrech.

Tabulka 18 - Unilateral Stance – Se zraněním a Bez zranění

US	Se zraněním (n=8)		Bez zranění (n=8)		p-hodnota	ES
	průměr (SD)	Medián (min – max)	průměr (SD)	Medián (min – max)		
L-EO	0,5 (0,05)	0,5 (0,47-0,60)	0,6 (0,13)	0,7 (0,47-0,83)	0,59*	1,20
L-EC	1,4 (0,27)	1,4 (1,03-1,93)	1,7 (0,29)	1,7 (1,27-2,17)	0,03	1,20
R-EO	0,6 (0,08)	0,6 (0,43-0,70)	0,6 (0,16)	0,6 (0,40-0,83)	0,45	0,41
R-EC	1,5 (0,26)	1,5 (1,10-1,83)	1,8 (0,41)	1,8 (1,23-2,36)	0,11	0,85

SD-směrodatná odchylka; p-hodnota rozdíl mezi skupinami (Mann Whitney U Test/T-test), tučně zvýrazněna statisticky významná hodnota; ES (Effect Size) – klinická významnost, měřeno Cohenovým d, barevné rozlišení (šedá – nízká/modrá – střední/červená – vysoká); L-EO (Left – Eyes Open), R-EC (Right – Eyes Closed)*

6 Diskuse

Sportovní gymnastika je esteticko-koordinační sport, který využívá základní pohybové schopnosti a specifické pohybové dovednosti jedince k tvorbě dokonale ladného, přesného, dynamického a koordinovaného pohybu. K tomu, aby se gymnasta stal elitou nebo byl součástí elitního týmu, vede vždy velmi dlouhá cesta trvající často i déle než jedno desetiletí. Obvykle sportovci začínají podstupovat tréninkové jednotky již v útlém věku, kdy se učí základy konkrétních cviků a je na ně kladena postupně se zvyšující zátěž. Během provádění jednotlivých prvků odolává tělo gymnasty působícím silám z různých směrů v rámci udržení stability a přesného provedení daného prvku. Často je zde vyžadována stabilizace konkrétní polohy a setrvání v ní po určitou dobu či rychlé zastavení pohybu. Z těchto faktů vyplývá, že by stabilita vrcholových sportovních gymnastů měla dosahovat vysoké úrovně a převyšovat tak nad běžnou populací.

Zkoumáním posturální stability gymnastů se ve světě zabývalo již několik autorů. Výzkumy byly prováděny pomocí klinických testů (nejčastěji SEBT, YBT) nebo na různých přístrojích, které umožňují objektivní hodnocení posturální stability (Neurocom EquiTest, CQ-Stab 2P, Accuway force platform, SensoDiaTrain). Byly provedeny vědecké práce sledující schopnost udržení rovnováhy v různých statických pozicích, testování dynamické stability, zkoumání způsobu udržení stability nebo například vliv sportovní gymnastiky na lidské tělo z hlediska vývoje. Nejčastěji autoři během statických testů sledovali polohu těžiště, kolísání těžiště či maximální výkyv. Významné výsledky nacházeli především při porovnání stoje na jedné noze, kde gymnasté prokazovali lepší stabilitu. V ostatních statických testech (pouhý stoj s/bez vizuální kontroly) se gymnasté většinou významně nelišili od běžné populace. Gymnasty lze porovnávat také v různě posturálně náročných pozicích a sledovat tak, zda se s přibývajícím věkem tréninku jejich stabilita zlepšuje. Zajímavý výzkum provedl Omorczyk, 2018, který porovnával stabilitu ve stoji na ruce u polských juniorů a seniorů gymnastů (Dallas, 2017; Garcia, 2011; Chander, 2016; Lauenroth, 2021; Sobera, 2019b).

Gymnastika je dynamický sport využívající rychlé změny pohybů a směrů, a proto se někteří jedinci domnívali, že by se výsledky gymnastů mohly od běžné populace lišit právě v dynamických testech. Gymnasté jsou trénováni v reakcích na

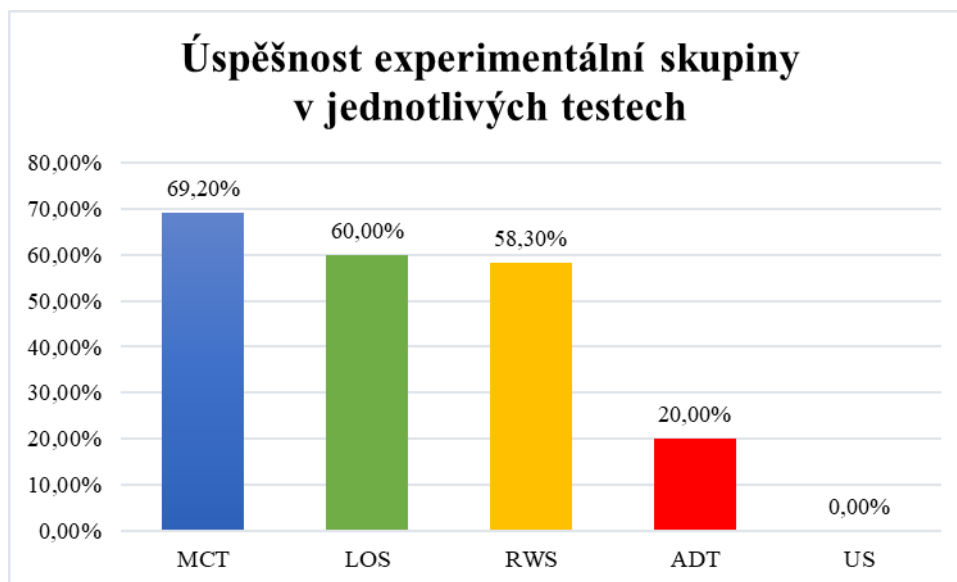
rychlé a různé změny pohybů a často pracují s vychýlením těla. Při porovnávání rozdílů mezi gymnasty a běžnou populací v dynamických testech posturální stability sledovali autoři nejčastěji tyto parametry – dobu trvání návratu do rovnovážné pozice po neočekávaném vychýlení, četnost výkyvů těžiště, způsob korekce stability a rychlost reakce na náhlou změnu způsobenou pohybem vnějšího prostředí. Několik autorů prokázalo v dynamických testech statisticky významné rozdíly, při kterých byl například návrat do rovnovážné pozice u gymnastů kratší, reakce na změny rychlejší a výkyvy těžiště menší. Například Dallas, 2017 použil ve své studii, zkoumající posturální stabilitu gymnastů, stejný diagnostický přístroj, jako je použit v této práci. Zabýval se odlišnostmi posturální stability gymnastů mužů a gymnastek žen po prodělaném výronu kotníku. Z testové baterie použil test MCT, ADT, US a u každého z nich našel statisticky významné rozdíly mezi muži a ženami (Dallas, 2017; Omorczyk, 2018, Opala-Berdzik, 2021).

6.1 Diskuze k výzkumné otázce

V1: Existují statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými parametry provedených testů posturální stability mezi skupinou vrcholových sportovních gymnastů a skupinou běžné populace měřené dle posturografu NeuroCom?

Při porovnání výsledných hodnot naměřených testů posturální stability byly mezi skupinou gymnastů a skupinou běžné populace nalezeny v určitých parametrech konkrétních testů statisticky významné rozdíly. Celkově bylo provedeno 5 testů, které hodnotily posturální stabilitu jedince. Provedených 5 testů obsahovalo 44 parametrů, ve kterých byli všichni probandi testováni. Při součtu statisticky významných rozdílů nacházíme 21 z celkového počtu 44 ve prospěch skupiny experimentální. Skupina kontrolní dosáhla na 11 statisticky významných rozdílů. Při porovnání součtu všech klinicky významných rozdílů (za klinicky významný rozdíl je považován výsledek se střední nebo vysokou klinickou významností) dosáhla experimentální skupina na 10 klinicky významných rozdílů a skupina kontrolní na žádný. Téměř v polovině všech parametrů dosáhla statisticky lepších výsledků skupina sportovních gymnastů. Přesněji ve 47,7 % prokazovala statisticky významné rozdíly skupina experimentální, ve 25 % skupina kontrolní. Zbýlých 27,3 % parametrů statisticky významné rozdíly neprokazovalo.

Graf 3 prezentuje procentuální zastoupení statisticky významných rozdílů experimentální skupiny v jednotlivých testech. Nejvyšší procentuální zastoupení měla skupina experimentální u MCT testu (69,2 %), kde p-hodnoty většiny výsledků byly $<0,01$. Druhé nejvyšší pak v LOS testu (60 %) a třetí v RWS testu (58,3 %). Test adaptace prokázal pouze 20 % úspěšnost a test stoje na jedné noze nulovou.



Graf 3 - Procentuální úspěšnost experimentální skupiny (zdroj vlastní)

Výsledky této práce **prokazují existenci** statisticky významných rozdílů mezi jednotlivými parametry provedených testů posturální stability při porovnání hodnot vrcholových sportovních gymnastů a běžné populace. Nejvýraznější rozdíly lze pozorovat u MCT, LOS a RWS testu.

Problematikou stability sportovních gymnastů se zabývalo ve svých pracích několik autorů. Carrick, 2009 ve své studii zjišťoval, zda existují rozdíly v posturální stabilitě mezi vrcholovými sportovními gymnasty a ne-gymnasty. Jeho studie se zúčastnilo 166 amerických elitních gymnastů a 77 ne-gymnastů. K měření používal CDP a sledoval především COP, COM a velikosti vychýlení při balancování. Výsledky studie prokázaly, že rozdíly mezi jednotlivými skupinami existují. Statisticky prokázal, že gymnasté mají lepší stabilitu a adaptují se rychleji na změnu způsobenou pohybem zevního prostředí. Ke stejnému výsledku jsem došla i ve své práci. V několika testech i čeští reprezentanti v gymnastice prokázali statisticky lepší schopnosti stability a adaptace na novou polohu. Dále Carrick ve své práci sledoval, zda gymnasté s lepšími výsledky v testech stability prokazují rychlejší a snazší učení nových gymnastických

prvků. Tuto hypotézu již nepotvrdil, z jeho práce vychází, že gymnasté dosahující nižších hodnot v testech stability mají následně větší predispozici ke vzniku úrazu.

Dallas, 2017 sledoval rozdíly mezi sportovními gymnasty a gymnastkami po prodělaném výronu kotníku. Výsledkem jeho studie je lepší stabilita gymnastek žen především ve stoji na jedné noze, kterou odůvodňuje odlišností používaných nářadí. K podobnému výsledku došel také Asseman, 2008, který zkoumal efekt gymnastického tréninku na posturální stabilitu. Skupinu elitních gymnastů a ne-gymnastů testoval v pozici bipedálního a unipedálního stoje s/bez vizuální kontroly. Statisticky významné rozdíly našel pouze při stoji na jedné noze s vizuální kontrolou, což je pro gymnasty známá a často trénovaná pozice. V ostatních podmínkách nenalezl významné rozdíly. Jejich výsledky se liší od výsledků testu stoje na jedné dolní končetině v mé diplomové práci, kde jsem při porovnání gymnastů a kontrolní skupiny žádné významné rozdíly nenalezla.

Kenville, 2021 ve své studii sledoval, zda po 4týdenním tréninku dynamické stability dojde ke zlepšení statické stability u mladých sportovců. Porovnával hodnoty před a po intervenci a také hodnoty vzájemné mezi gymnasty a fotbalisty. Výsledkem je zlepšení u obou skupin sportovců po intervenci a žádný významný rozdíl mezi sportovci. Na základě výsledků doporučuje autor zapojení balančních cvičení do tréninků mládeže v zájmu facilitace a zkvalitnění stabilizačních schopností mladých sportovců.

Dále se několik autorů zabývalo porovnáním posturální stability gymnastů a různých jiných sportovců. Jednalo se často o fotbalisty, basketbalisty, hokejisty, volejbalisty, plavce, windsurfery, tanečníky. Dále bylo zajímavé zkoumání rozdílů v posturální stabilitě mezi individuálními a týmovými sportovci (Lauenroth, 2021; Hrysonalis, 2011; Mkaouer, 2017). V neposlední řadě bylo také provedeno několik výzkumů věnujících se posturální stabilitě u sportů podobných gymnastice, jako například balet, tanec, moderní gymnastika (De Mello, 2017; Sobera, 2019a).

6.2 Diskuze k hypotéze H1

H1: Předpokládám, že mezi experimentální skupinou gymnastů a kontrolní skupinou běžné populace budou v provedených pěti testech posturální stability (MCT, ADT, RWS, LOS a US) statisticky významné rozdíly (na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$) alespoň v polovině parametrů každého z testů ve prospěch skupiny experimentální.

Testování MCT spočívá v hodnocení automatické posturální reakce na neočekávaný pohyb stojné plošiny ve směru posunu o různé velikosti směrem ventrálním a dorsálním. Hodnoceným parametrem zde byl časový úsek „Latency“ (ms), od posunu plošiny k první reakci probanda. Při porovnání hodnot během posunu plošiny směrem ventrálním nacházím statisticky významné rozdíly ve prospěch experimentální skupiny u čtyř parametrů (SR $p < 0,01$; ML $p < 0,01$; FL $p < 0,01$; FR $p = 0,03$). Během posunu vzad byly přítomny opět čtyři statisticky významné rozdíly ve prospěch skupiny experimentální (SL $p = 0,03$; SR $p < 0,01$; MR $p = 0,01$, FL $p < 0,01$) a také vážený průměr (COMP $p < 0,01$) vyšel ve prospěch skupiny experimentální. Z celkového počtu 13 parametrů zde tedy vyšlo 9 ve prospěch skupiny experimentální. Současně byla u parametru SL (ES=0,52) a SR (ES=0,51) naměřena střední klinická významnost. Experimentální skupina prokázala ve více než polovině parametrů MCT testu statisticky významné rozdíly, reagovala tedy na změnu způsobenou translačním pohybem stojné plošiny rychleji.

Test adaptace ADT také hodnotí reakci na neočekávaný pohyb stojné plošiny, zde je ovšem pohyb charakteru rotačního, nejprve směrem dorsálním (Toes Up) a poté ventrálním (Toes Down). Jedná se zde o časový úsek (s), během kterého proband navrátí své těžiště do rovnovážné polohy po vychýlení. Statisticky významný rozdíl ve prospěch skupiny experimentální při pokusu Toes Up je patrný pouze u jednoho parametru ADTU-1 ($p < 0,01$) z pěti, který současně prokazuje střední klinickou významnost (ES=0,73). Při pokusu Toes Down pozorují celkem čtyři statisticky významné rozdíly, přičemž pouze jeden (ADTW-1 $p < 0,01$) vychází ve prospěch skupiny experimentální. Byly zde naměřeny tedy pouze 2 statisticky významné rozdíly z celkového počtu 10 parametrů ve prospěch skupiny experimentální a 3 statisticky významné rozdíly ve prospěch skupiny kontrolní. Při pouhém porovnání zbylých

naměřených hodnot lze odvodit, že ve většině měřených parametrech reagovala skupina kontrolní rychleji.

Během testu RWS dochází k rytmickým přesunům těžiště probanda směrem laterolaterálním a ventrodorsálním o různých rychlostech. Měřenými hodnotami jsou zde rychlost v ose pohybu OAV ($^{\circ}/s$) a směrové řízení těžiště DCL (%). Při porovnání všech naměřených hodnot nacházíme 7 statisticky významných rozdílů ve prospěch skupiny experimentální z celkového počtu 12. Jedná se o parametry LR slow ($p=0,03$), LR moderate ($p<0,01$), LR fast ($p=0,4$), FB fast ($p<0,01$) v části OAV, a dále FB slow ($p=0,04$), FB moderate ($p<0,01$) a FB fast ($p=0,01$) v části DCL. Současně je u LR moderate ($ES=1,09$), LR fast ($ES=0,81$) a FB fast ($ES=0,86$) přítomna vysoká klinická významnost a u parametru LR slow ($ES=0,64$) klinická významnost střední. V testu RWS lze považovat skupinu experimentální za úspěšnější, jelikož ve více než polovině porovnávaných hodnot prokázala statisticky významné rozdíly.

Dalším testem, který hodnotí pohybový projev jedince, je LOS test. Jedná se o testování přesunů těžiště do osmi definovaných směrů dle instrukcí na monitoru probanda. Hodnotícími parametry jsou RT (časový úsek od zaznění zvuku po první pohyb probanda), MVL (průměrná rychlost pohybu těžiště), DCL (řízení směru pohybu), EPE (koncový bod náklonu) a MXE (maximální náklon). Při porovnání naměřených hodnot nacházíme tři statisticky významné rozdíly, ve prospěch skupiny experimentální, z celkových pěti parametrů. Jedná se o parametr MVL ($p=0,04$), EPE ($p<0,01$) a MXE ($p<0,01$). Statisticky významné rozdíly u parametru EPE a MXE jsou podpořeny také vysokou klinickou významností (EPE – $ES=1,02$; MXE – $ES=1,44$). Parametr RT sice statisticky významný rozdíl neprokuje, ale je zde přítomna střední klinická významnost ($ES=0,60$) a z porovnání naměřených hodnot lze vidět, že vychází ve prospěch skupiny gymnastů. Více než polovina parametrů LOS testu vyšla tedy ve prospěch skupiny experimentální.

U testu stoje na jedné dolní končetině (US) s vizuální kontrolou a bez vizuální kontroly je hodnocen pohyb těžiště (COG) ve stupních za sekundu ($^{\circ}/s$). Zde nejsou přítomny žádné statisticky ani klinicky významné rozdíly při porovnání skupiny experimentální a kontrolní. Pouhým porovnáním naměřených hodnot lze odečíst, že v polovině parametrů dosahovala lepších hodnot skupina kontrolní a v druhé polovině skupina experimentální.

V testu MCT, RWS a LOS byla přítomna více než polovina statisticky významných rozdílů u jednotlivých parametrů. V testu ADT a US nebyly přítomny statisticky významné rozdíly u více než poloviny parametrů. Jelikož nebyla splněna podmínka přítomnosti statisticky významných rozdílů alespoň u poloviny parametrů každého z provedených testů, **Hypotéza H1 se zamítá.**

Autoři, kteří se ve světě zabývali testováním posturální stability gymnastů ve většině případů došli k názoru, že jejich stabilita ve srovnání s ne-gymnasty dosahuje lepších hodnot. Téměř ve všech provedených studiích prokázala skupina gymnastů statisticky významné rozdíly oproti skupině kontrolní. Jsou známé také výzkumy porovnávající posturální stabilitu různých sportovců mezi sebou, ze kterých autoři odvozují možné důvody vzhledem k charakteru dominantních sportů a vnášejí různá doporučení do tréninků konkrétních sportovních odvětví. Například Lauenroth, 2021 porovnával hodnoty posturální stability žen, které se na národní či mezinárodní úrovni aktivně věnují basketbalu, gymnastice, skokům na lyžích a potápění. Pro objektivní zhodnocení použil interaktivní posturografický přístroj SensoDiaTrain, který umožňuje testovat za různých podmínek. Použil stoj s/bez vizuální kontroly a s/bez statické stojné podložky a jejich varianty. Předpokládaným a také potvrzeným výsledkem byla lepší stabilita gymnastek při porovnání s ostatními sportovkyněmi. Nejvíce se lišily od basketbalistek, což si autor vysvětluje také tím, že oba sporty jsou velmi odlišné, a především se jedná o porovnání individuálního a týmového sportu. V individuálních sportech bývá kladen důraz na stabilitu jedince častěji než ve sportech týmových.

Hrysomallis, 2011 sledoval porovnání posturální stability u různých sportů v provedených studiích. Při porovnání s ostatními sportovci ve většině případech gymnasté dominovali. Domníval se, že charakter tréninku sportovní gymnastiky a variabilita používaných nářadí vede ke zlepšování stability, a proto gymnasté v mnoha výzkumech dominují. Zajímavost našel při testu stoje na jedné noze, kdy při testování, které trvalo 20 s, gymnasté prokazovali statisticky lepší výsledky ve srovnání s ostatními sportovci či ne-gymnasty, ale pokud test trval méně než 20 s, gymnasté se již neodlišovali. Toto je zajímavé zjištění, neboť veškeré výdrže ve sportovní gymnastice trvají 2 sekundy a prvky prováděné na jedné dolní končetině často s rotačními komponenty rovněž trvají krátkou dobu, přibližně 1-5 sekund.

Mkaouer, 2017 sledoval vychýlení COP během bipedálního a unipedálního stoje u jedinců, věnujících se windsurfingu, gymnastice, volejbalu a plavání s monofin

ploutví. Nejlepší výsledky prokazovali windsurfeři, jejichž výkyvy těžiště v průběhu testování byly nejmenší. Následovali gymnasté, plavci a volejbalisté. U jedinců provádějících windsurfing jsou během tréninku neustále ovlivňovány balanční schopnosti a je trénována stabilita na nestabilním vodním prostředí. Autor doporučuje použití prvků windsurfingu v gymnastice pro zlepšení stabilizačních schopností gymnastů.

Sledováním posturální stability u sportů, které se gymnastice podobají, se zabývala například Costa de Mello, 2017, která hledala rozdíly v posturální stabilitě mezi baletkami a běžnou populací. Testování probíhalo na plošině AccuSway za dvou podmínek, a sice unipedálního stoje s/bez vizuální kontroly a specifického baletního stoje. Výsledkem byla statisticky lepší stabilita u profesionálních baletek ve srovnání s běžnou populací. Sobera, 2019a porovnávala stabilitu moderních gymnastek. Ve své studii zjistila, že moderní gymnastky seniorky dosahují vyšších hodnot stability především v anteroposteriorním směru během běžného stoje. V dalších testovaných pozicích, které jsou specifické pro daný sport, se stabilita gymnastek různého věku nelišila. Nenalezla jsem výzkum porovnávající stabilitu sportovních a moderních gymnastek. Při zvážení charakteru pohybu a zátěže u jednotlivých sportů by mohl takový výzkum přinést zajímavé výsledky. Stejně jako porovnání stability gymnastů s baletkami, krasobruslaři nebo surfaři.

6.3 Diskuze k hypotéze H2

H2: Předpokládám, že u specificky dynamických testů Rhythmic Weight Shift (RWS) a Limits of Stability (LOS) budou statisticky významné rozdíly (na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$) alespoň v polovině naměřených parametrů při porovnání experimentální a kontrolní skupiny ve prospěch skupiny experimentální.

Z celého souboru provedených testů posturální stability, jejichž výsledky byly využity v této práci, probíhají pouze dva (RWS a LOS) na nepohyblivé, statické, stojné plošině za stálého kontaktu obou dolních končetin a vizuální kontroly. Jejich hlavním principem je přimět probanda k pohybu, který je znázorňován na jeho monitoru. Liší se od zbylých testů také tím, že proband během provádění daných úkonů může neustále kontrolovat pozici svého těla prostřednictvím vlastního monitoru, na kterém je jeho tělo vyobrazeno ikonou postavy. Dostává tedy zpětnou vazbu o právě probíhajícím pohybu a může své tělo korigovat. Testy se zabývají hodnocením dynamických přesunů těžiště

do jednotlivých směrů. Na analýzu rytmických přesunů těžiště ve směru ventrodorsálním a laterolaterálním se zaměřuje test RWS. Při porovnání hodnot experimentální a kontrolní skupiny nacházím 10 statisticky významných rozdílů, z celkového počtu 12, z toho 7 ve prospěch skupiny experimentální. Z první části, hodnotící rychlost pohybu OAV (°/s), se jedná se o parametry LR slow ($p=0,03$), LR moderate ($p<0,01$), LR fast ($p=0,04$) a FB fast ($p<0,01$). Nejen statisticky, ale i klinicky významné rozdíly byly k nalezení v této části testu. Vysoká klinická významnost byla naměřena u parametru LR moderate ($ES=1,09$), LR fast ($ES=0,81$), FB fast ($ES=0,86$) a u parametru LR slow ($ES=0,64$) byla klinická významnost střední. Při podrobném zhodnocení části OAV lze pozorovat, že gymnastům se více dařilo v rytmických pohybech, prováděných ve směru laterolaterálním. Ve směru ventrodorsálním excelovali v nejvyšší rychlosti „fast“. Při zvážení klinické významnosti lze vidět, že gymnasté se výrazně odlišovali především v pohybech, které byly prováděny vyššími rychlostmi. Prvky sportovní gymnastiky jsou vysoce dynamické a přesné, lze tedy odhadovat souvislost mezi gymnasty často prováděnými dynamickými prvky a rychlými rytmickými přesuny těžiště v tomto testu.

Z druhé části RWS, hodnotící směr řízení pohybu DCL (%) prokázaly statistickou významnost parametry FB slow ($p=0,04$), FB moderate ($p<0,01$) a FB fast ($p=0,01$). DCL je parametr přesnosti řízení směru, zde lze pozorovat, že přesněji řídili gymnasté pohyby všemi rychlostmi ve ventrodorsálním směru.

Ve sportovní gymnastice jsou často prováděny prvky, při kterých musí jedinec pracovat s přenášením těžiště a udržet přitom vhodnou plynulost pohybu pro dosažení nejlepšího hodnocení. Velké množství gymnastických prvků vyžaduje balancování po doskoku právě ve směru ventrodorsálním. Současně je kladen důraz na přesnost provedení, jejíž trénovanost se mohla projevit právě v této druhé části RWS testu. Také možnost vizuální zpětné vazby mohla gymnastům napomáhat v přesnějším řízení prováděného pohybu.

Druhým specificky dynamickým testem je LOS test. Hodnotí schopnost přesunutí těžiště z výchozí pozice do cílové a následné setrvání v ní. Jedná se zde o pohyby do osmi směrů, které proband provádí co nejpřesněji dle znázornění na monitoru. Při porovnání hodnot experimentální a kontrolní skupiny nacházím čtyři statisticky významné rozdíly z celkových pěti parametrů. Tři z nich vychází ve prospěch skupiny experimentální, jedná se o parametr MVL ($p=0,04$), který představuje

průměrnou rychlost těžiště, dále koncový bod náklonu EPE ($p < 0,01$) a maximální náklon MXE ($p < 0,01$). Statisticky významné rozdíly jsou v některých parametrech podpořeny také vysokou klinickou významností, EPE ($ES = 1,02$) a MXE ($ES = 1,44$). U prvního parametru, zaměřujícího se na rychlost reakce po zaznění zvukového signálu, není patrný statisticky významný rozdíl, ovšem je zde přítomna střední klinická významnost RT ($ES = 0,60$). Na základě naměřených hodnot parametru RT lze říct, že skupina gymnastů zde reagovala rychleji. Ve více než polovině parametrů LOS jsou přítomny statisticky významné rozdíly ve prospěch skupiny experimentální, gymnasté dosahovali v tomto testu lepších výsledků.

Celkové shrnutí výsledků specificky dynamických testů RWS a LOS prokazuje u více než poloviny parametrů každého z testů statisticky významné rozdíly ve prospěch skupiny experimentální. Celkem pět výsledků mělo také vysokou klinickou významnost. **Hypotéza H2** byla těmito testy **potvrzena**.

Tento výsledek mé diplomové práce potvrzuje studie Opala-Berdzik, 2021, která se zabývala porovnáním podobných parametrů posturální stability u gymnastů, jako byly u testu RWS a LOS. Porovnávala posturální stabilitu vrcholových gymnastek ($n = 10$) a nesportujících jedinců ($n = 12$) pomocí podobného testu, jakým je LOS. Jednalo se nejprve o test klidného stoje, poté maximální přesun těžiště směrem anteriorním a setrvání v něm. Zkoumanými parametry byla rychlost přesunu těžiště a přítomnost a rozsah výkyvů v cílové anteriorní pozici. Při porovnání hodnot maximálního anteriorního náklonu, což by odpovídalo parametru MXE v testu LOS, nenalezla statisticky významné rozdíly. Ty byly nalezeny při komparaci výkyvů během setrvání v cílové pozici, což byl podobný parametr jako EPE. U gymnastek byl rozsah kolísání statisticky nižší než u skupiny nesportujících jedinců. Toto byla jedna z mála studií, kde autor testoval posturální stabilitu gymnastů dynamickými testy. Většina studií provedených na gymnastech byla testována za statických podmínek, autoři často testují pozici běžného stoje s/bez vizuální kontroly nebo pozici stoje na jedné noze s/bez vizuální kontroly (Carrick, 2009; Dallas, 2017; Hrysomallis, 2011; Lauenroth, 2021; Vuillerme, 2001). Gymnasté ale velmi využívají vizuální kontrolu během provádění jednotlivých cviků, a proto v testech, které obsahují vizuální zpětnou vazbu o právě probíhajícímu pohybu a umožňují okamžitou korekci pohybu, dokážou zareagovat velmi rychle a efektivně.

6.4 Diskuze k hypotéze H3

H3: Předpokládám, že mezi skupinou gymnastů bez zranění a se zraněním budou přítomny statisticky významné rozdíly (na hladině statistické významnosti $\alpha = 0,05$) ve prospěch skupiny bez zranění alespoň v polovině parametrů každého z pěti testů posturální stability (MCT, ADT, RWS, LOS a US).

Studii, které se zabývaly četností zranění jednotlivých částí těla u gymnastů, bylo napsáno již několik. Nejčastěji u gymnastů dochází k výronu kotníku, kde je doba rekonvalescence a návrat do plného zatížení kratší než po zranění kolene, které se nachází hned na druhém místě. Dominuje ovšem v žebříčku nejčastějších důvodů operace na těle gymnasty (Hart, 2018). Někteří autoři se zabývali problematikou zranění kotníku a jeho vlivem na posturální stabilitu gymnastů. Například Dallas, 2017 ve své studii Gender Differences of High Level Gymnasts on Postural Stability: The Effect of Ankle Sprain Injuries zkoumal rozdíly posturální stability vrcholových gymnastů a gymnastek po prodělání výronu kotníku v anamnéze. Celý výzkum prováděl na posturografu NeuroCom EquiTest, kde použil Motor Control Test, Unilateral Stance a Adaptation Test. Především v testu US našel statisticky významné rozdíly při porovnání gymnastek žen a gymnastů mužů. Výsledkem tohoto výzkumu je lepší posturální stabilita žen gymnastek po prodělaném výronu kotníku, kterou odůvodňuje odlišností používaných náradí ve sportovní gymnastice u žen a mužů. Jeho výsledky se mírně podobají výsledkům této diplomové práce, kdy jsem našla u gymnastů po prodělaném úrazu kolenního kloubu rovněž statisticky lepší stabilitu ve srovnání s gymnasty bez zranění, ovšem pouze v jednom ze čtyř parametrů. U třech parametrů ze čtyř jsem našla vysokou klinickou významnost, lze tedy odhadovat, že gymnasté po zranění kolenního kloubu podstoupili rehabilitace a nácvik různých stabilizačních cvičení, který jim pomohl v následné rekonvalescenci a návratu do plné zátěže, a jejich stabilita zůstala vyšší.

Dále jsem našla několik studií zabývajících se bolestmi bederní části zad především u gymnastek. Sweeney, 2019 se věnovala incidenci bolesti bederní části zad u vrcholových gymnastek, hledala důvody jejího vzniku a sledovala její průběh. Především ženské gymnastické prvky obsahují množství hyper flekčních či extenčních poloh páteře s největšími hodnotami právě v bederní části páteře. Došla k názoru, že u gymnastek s bolestmi zad nedochází ke zhoršení při provádění gymnastických prvků,

ale spíše při zvedání těžkých břemen či skákání. Harringe, 2008 porovnávala stabilitu mezi vrcholovými gymnastkami s bolestmi bederní části zad, gymnastkami po zranění dolní končetiny a zdravými gymnastkami. Významné rozdíly našla u gymnastek s bolestmi bederní části zad, kde především v testu bipedálního stoje bez vizuální kontroly na nerovné podložce byly přítomny nejvýraznější výkyvy COP a také u nich pozorovala odlišnou strategii korekce rovnováhy, pro kterou bylo nejvíce využito pohybu v hlezenních kloubech.

V databázích jsem nenalezla studii, která by se věnovala posturální stabilitě po prodělaném zranění kolenního kloubu. Několik autorů se zabývalo četností jeho zranění či konkrétním pohybem, při kterém nastalo. Studie, mapující četnost zranění kolenních kloubů Kirialanis, 2015 byla provedena na 200 řeckých sportovních gymnastech a bylo zjištěno, že 49,5 % zranění kolenních kloubů se děje při doskoku především na prostných a 11,9 % při odrazové fázi na přeskoku. Výstupem studie bylo upozornění na možnost používání přidavných žíněnek na doskoku pro snížení incidence zranění. Při porovnání s osobními zkušenostmi a s případy, kdy nastalo zranění kolenního kloubu u gymnastů v této diplomové práci, mohu z části souhlasit s výsledkem Kirialanise, jelikož z 8 gymnastů, kteří měli lékařem diagnostikované poranění měkkých tkání kolenního kloubu v této práci, celkem 6 nastalo při doskoku, 3 z nich na prostných, 1 při doskoku z bradel o nestejně výšce žerdí a další 2 při doskoku na přeskoku. Zbylá 2 zranění nastala při odrazové fázi.

V této diplomové práci byly výsledky porovnání skupiny gymnastů se zraněním a bez zranění kolenního kloubu v anamnéze následující:

V testu MCT, ADT, RWS ani LOS nebyl přítomen žádný statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými skupinami. Bylo zde pouze několik klinicky významných rozdílů v konkrétních parametrech. Ve prospěch skupiny se zraněním kolene v anamnéze vyšlo celkem 10 klinicky významných rozdílů z celkového počtu 44 provedených parametrů oproti skupině bez zranění, která měla pouze 5 klinicky významných rozdílů.

V testu MCT se jednalo o střední klinickou významnost při posunu vzad u parametru SR (ES=0,76) ve prospěch skupiny se zraněním, v ADT testu v části Toes UP u parametru ADTU-5 (ES=0,85) ve prospěch skupiny bez zranění, v části Toes Down u ADTW-1 (ES=0,91) a ADTW-3 (ES=0,55) ve prospěch skupiny se zraněním,

ADTW-5 (ES=0,57) bez zranění. U testu RWS v části OAV – LR slow (ES=0,57), LR fast (ES=0,63), FB slow (ES=0,63), FB fast (ES=0,72) a v části DCL – LR fast (ES=0,76) a FB moderate (ES=0,53) ve prospěch skupiny se zraněním. Test LOS – MVL (ES=0,95), RT (ES=0,62), a MXE (ES=0,69) bez zranění, DCL (ES=0,54) se zraněním.

Pouze u testu stoje na jedné noze US byl nalezen jeden statisticky významný rozdíl u parametru L-EC ($p=0,03$) se současnou vysokou klinickou významností (ES=1,20) ve prospěch skupiny se zraněním kolene. Vysoká klinická významnost byla dále naměřena u parametru L-EO (ES=1,20) a R-EC (ES=0,85), opět ve prospěch skupiny gymnastů se zraněním.

Na základě velké variability výsledků provedených testů se lze domnívat, že prodělané zranění měkkých tkání kolenního kloubu nemá na posturální stabilitu gymnasty vliv. Z celkových 44 parametrů byl přítomen pouze 1 statisticky významný rozdíl ve prospěch skupiny se zraněním, žádný ve prospěch skupiny bez zranění. Při porovnání výsledků skupiny gymnastů se zraněním a bez zranění kolenního kloubu v anamnéze nejsou patrné statisticky významné rozdíly, které by od sebe jednotlivé skupiny výrazně odlišovaly. **Hypotéza H3** se na základě provedených testů **zamítá**.

Na základě nalezených informací z provedených studií lze usuzovat, že posturální stabilita gymnastů je po prodělaném zranění dolní končetiny ovlivněna spíše ve smyslu pozitivním, neboť při absolvování rehabilitací a nácviku stabilizačních schopností dosahovali gymnasté po zranění často vyšších hodnot než gymnasté bez zranění.

Celkově tato diplomová práce prokazuje přítomnost statisticky významných rozdílů v testech stability mezi vrcholovými sportovními gymnasty a běžnou populací. Rozdíly ovšem byly přítomny pouze u některých testů, a to predilekčně u testů s vizuální kontrolou a možností zpětné vazby. Při malých pohybech stojné plošiny (ADT) nebo stoje na jedné noze (US) u některých parametrů rozdíly přítomny nebyly. Většina z probandů experimentální skupiny prodělala za svou kariéru několik různých úrazů a velká část z nich byla na dolních končetinách. Současně je gymnastika ve světovém žebříčku nejčastějších zranění při sportu na předních příčkách. Bylo by tedy vhodné věnovat větší pozornost stabilitě těla při přípravě vrcholových sportovců. Možným testovacím přístrojem, který objektivně zhodnotí stabilitu gymnastů, může být

například posturograf NeuroCom, na kterém lze stabilitu diagnostikovat, ale také trénovat. Pravidelné testy stability v určitých časových rozestupech by mohly trenérům vrcholových gymnastů pomoci k včasnému odhalení případného deficitu stability, zvýšení stabilizačních schopností jedinců a redukci počtu zranění v gymnastice. Domnívám se, že pokud by bylo do nových tréninkových programů zařazeno více stabilizačních prvků, které se věnují tréninku statické a dynamické stability celého těla s důrazem na dolní končetiny, mohla by se incidence úrazů ve sportovní gymnastice snížit. Pravidelné tréninky stabilizačních schopností by také mohly přispět k lepšímu vnímání vlastního těla v prostoru a snazšímu a rychlejšímu učení se nových gymnastických a akrobatických prvků.

6.5 Limitace výzkumu

Jedním z možných limitů výzkumu byl celkový nízký počet účastníků v experimentální skupině. Bylo to způsobeno pravděpodobně tím, že sportovní gymnastika je v České republice menšinový sport a cesta k elitní úrovni je velmi dlouhá. Mezi podmínky pro přijetí do experimentální skupiny patřila věková hranice minimálně 18 let a aktivní účast v roce 2019 na závodech ve sportovní gymnastice 1. ligy, extraligy nebo MČR MT. V roce 2019 bylo na těchto závodech přítomno celkem 31 gymnastů mužů, v ženských složkách pouze 13 gymnastek. Tento fakt ovlivnil také nízký počet probandů ve skupině gymnastů se zraněním kolene a bez zranění. Experimentální skupina byla ovšem složena z velmi úspěšných reprezentantů ve sportovní gymnastice. Někteří z nich se účastnili Olympijských her v Riu 2016, Tokiu 2020, dále jsou mezi probandy účastníci Evropských her v Baku 2015 a různých Světových pohárů.

Při evidování probandů se zraněním kolene v minulosti nebyl brán zřetel na počet úrazů tohoto typu, ani na přítomnost jiných úrazů na těle. Rovněž nebyl zvažován průběh a kvalita rehabilitace při rekonvalescenci po úrazu nebo operaci. Pozornost nebyla věnována ani antropometrickým poměrům, ani somatotypu. Nejnižší gymnastka měřila 157 cm a nejvyšší gymnasta 185 cm. Z provedených výzkumů vyplývá, že výška gymnasty nemá vliv na provedení základních prvků, ovšem biomechanické složky komplexních gymnastických prvků již výškou ovlivněny jsou (Wyatt, 2020; Jemni, 2018). I během testování posturální stability mohla pro gymnasty nižšího věku vzniknout částečná výhoda.

Dalším limitem mohla být denní doba, ve které testování probíhalo. Probandi docházeli na testování v odpoledních až večerních hodinách. Ovlivnit výzkum mohl také momentální psychický či fyzický stav probanda, někteří v den měření již absolvovali trénink, což mohlo pozitivně či negativně ovlivnit jejich stabilizační schopnosti. Žádný z probandů neabsolvoval výzkum podobného charakteru. Svou roli zde mohla hrát také nervozita a strach z dosažení nedostatečných hodnot především u gymnastek ženského pohlaví. Gymnastky jsou často cílevědomé, odvážné a odhodlané věnovat provedení prvku (zde konkrétního testu) veškeré úsilí, aby dosáhly nejlepšího výsledku. V této práci se jejich hodnoty porovnávají s jinými, to mohlo způsobit případné obavy z nedosažení nejlepších výsledků.

7 Závěr

Tato diplomová práce se věnovala posturální stabilitě vrcholových sportovních gymnastů a bylo v ní znázorněno porovnání naměřených hodnot s kontrolní skupinou běžné populace. Celá praktická část probíhala na posturografu NeuroCom Smart EquiTest, na kterém všichni probandi absolvovali pět testovacích protokolů. Nejvýznamnější rozdíly byly přítomny u MCT, LOS a RWS testu. Gymnasté v uvedených testech reagovali na změnu způsobenou pohybem vnějšího prostředí rychleji, jejich návrat do rovnovážné pozice byl také rychlejší a jejich stabilizační systém reaktivnější. I přesto nebyla Hypotéza H1 potvrzena, jelikož podmínkou bylo prokázání statisticky významných rozdílů alespoň v polovině parametrů všech pěti provedených testů posturální stability.

Hypotéza H2 se zaměřovala na specificky dynamické testy (RWS a LOS), jediné dva z celé baterie testů, které probíhají na statické, nepohyblivé stojné plošině za stálé vizuální kontroly, stálého kontaktu obou dolních končetin se stojnou plošinou a zpětné vazby. Hlavním prvkem zde byl pohyb těla dle instrukcí monitoru testovaného. Tyto podmínky jsou nejvíce podobné podmínkám ve sportovní gymnastice (veškeré prvky probíhají za vizuální kontroly, stojná podložka je vždy nepohyblivá, kontakt se zemí je ve většině případů žádoucí provést pomocí obou dolních končetin). Zde bylo přítomno nejvíce statisticky významných rozdílů mezi experimentální a kontrolní skupinou a Hypotéza H2 byla potvrzena.

Hypotéza H3 byla věnována problematice kolenního kloubu, jelikož je v tomto sportu často zraňován a několik jedinců z experimentální skupiny již zranění měkkých tkání kolenního kloubu s následnou operací prodělalo. Porovnání naměřených hodnot skupiny gymnastů se zraněním kolenního kloubu a bez zranění ovšem nepřineslo téměř žádné statisticky významné rozdíly. Obě skupiny vykazovaly velmi podobné výsledky v provedených testech stability a Hypotéza H3 tak nemohla být potvrzena.

Sportovní gymnastika je dynamický sport, který vyžaduje maximální přesnost, rychlost, sílu, výbušnost, a schopnost stabilizovat tělo v různých pozicích na zemi či během letových fází. Tato práce prokázala v některých parametrech dobrou stabilitu gymnastů, ale v jiných odhalila jisté nedostatky ve stabilizačních schopnostech. V rámci zkvalitnění gymnastických tréninků a současně prevence zranění je vhodné zařadit více stabilizačních a balančních cviků do tréninkové přípravy vrcholových gymnastů.

Seznam použité literatury

- 1) ASSEMAN, F. B., CARON, O. a CRÉMIEUX, J. Are there specific conditions for which expertise in gymnastics could have an effect on postural control and performance? *Gait & Posture* [online]. 2008, 27(1), 76-81 [cit. 2020-08-30]. ISSN 09666362. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2007.01.004.
- 2) BLACK, F. O. et al. Normal subject postural sway during the romberg test. *American Journal of Otolaryngology* [online]. 1982, 3(5), 309-318 [cit. 2021-7-19]. ISSN 01960709. DOI: 10.1016/S0196-0709(82)80002-1.
- 3) BOBAK, C. A., BARR, P. J. a O'MALLEY, A. J. Estimation of an inter-rater intra-class correlation coefficient that overcomes common assumption violations in the assessment of health measurement scales. *BMC Medical Research Methodology* [online]. 2018, 18(1) [cit. 2021-10-29]. ISSN 1471-2288. DOI: 10.1186/s12874-018-0550-6.
- 4) CARRICK, F. et al. Posturographic testing and motor learning predictability in gymnasts. *Distability and Rehabilitation*. [online]. 2009, 29(24), 1881-1889 [cit. 2021-07-27]. ISSN 0963-8288. DOI: 10.1080/09638280601141335.
- 5) COHEN, J. Statistical Power Analysis. *Current Directions in Psychological Science* [online]. 1992, 1(3), 98-101 [cit. 2021-10-3]. ISSN 0963-7214. DOI: 10.1111/1467-8721.ep10768783.
- 6) CONCORDIA UNIVERSITY. NeuroCom SMART EquiTest Computerized Dynamic Posturography (CDP). Concordia University PERFORM Centre [online]. 2015, 1-24. [cit.2020-08-31]. Dostupné z: https://perform.concordia.ca/GettingStarted/pdf/compliance/PC-POD-FA-002-V03_NEUROCOM.pdf.
- 7) CROIX, G., CHOLLET, D. a THOUVARECQ, R. Effect of Expertise Level on the Perceptual Characteristics of Gymnasts. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2010, 24(6), 1458-1463 [cit. 2021-03-04]. ISSN 1064-8011. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181d2c216.
- 8) DALLAS, G. et al. Gender Differences of High Level Gymnasts on Postural Stability: The Effect of Ankle Sprain Injuries. *Science of Gymnastics Journal*. [online]. 2017, 9(3), 291-301. [cit. 2021-10-3]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/profile/George-Dallas->

- 2/publication/320539744_Gender_differences_of_high_level_gymnasts_on_postural_stability_The_effect_of_ankle_sprain_injuries/links/5ae3087e458515c60f683664/Gender-differences-of-high-level-gymnasts-on-postural-stability-The-effect-of-ankle-sprain-injuries.pdf.
- 9) DE MELLO, M. C., DE SÁ FERREIRA, A. a RAMIRO FELICIO, L. Postural Control During Different Unipodal Positions in Professional Ballet Dancers. *Journal of Dance Medicine & Science* [online]. 2017, 21(4), 151-155 [cit. 2021-12-08]. ISSN 1089-313X. DOI: 10.12678/1089-313X.21.4.151.
 - 10) DYLEVSKÝ, I. *Funkční anatomie*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-3240-4.
 - 11) GARCIA, C. et al. Influence of gymnastics training on the development of postural control. *Neuroscience Letters* [online]. 2011, 492(1), 29-32 [cit. 2020-08-30]. ISSN 03043940. DOI: 10.1016/j.neulet.2011.01.047.
 - 12) GAUTIER, G., THOUVARECQ, R. a LARUE, J. Influence of Experience on Postural Control: Effect of Expertise in Gymnastics. *Journal of Motor Behavior* [online]. 2010, 40(5), 400-408 [cit. 2019-12-11]. DOI: 10.3200/JMBR.40.5.400-408.
 - 13) GRIBBLE, P. A., HERTEL, J. a PLISKY, P. Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review. *Journal of Athletic Training* [online]. 2012, 47(3), 339-357 [cit. 2019-12-11]. ISSN 1062-6050. DOI: 10.4085/1062-6050-47.3.08.
 - 14) GUSTAVSSON, A. et al. A test battery for evaluating hop performance in patients with an ACL injury and patients who have undergone ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* [online]. 2006, 14(8), 778-788 [cit. 2021-7-27]. ISSN 0942-2056. DOI: 10.1007/s00167-006-0045-6.
 - 15) HARRINGE, M.L. et al. Postural control measured as the center of pressure excursion in young female gymnasts with low back pain or lower extremity injury. *Gait & Posture* [online]. 2008, 28(1), 38-45 [cit. 2021-12-08]. ISSN 09666362. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2007.09.011.

- 16) HARRO, C. C. et al. Reliability and Validity of Force Platform Measures of Balance Impairment in Individuals With Parkinson Disease. *Physical Therapy* [online]. 2016, 96(12), 1955-1964 [cit. 2021-10-29]. ISSN 0031-9023. DOI: 10.2522/ptj.20160099.
- 17) HART, E. et al. The Young Injured Gymnast: A Literature Review and Discussion. *Current Sports Medicine Reports* [online]. 2018, 17(11), 366-367 [cit. 2021-03-09]. ISSN 1537890X DOI: 1249/JSR.0000000000000536.
- 18) HONG, S. K. et al. Clinical efficacy of the Romberg test using a foam pad to identify balance problems: a comparative study with the sensory organization test. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* [online]. 2015, 272(10), 2741-2747 [cit. 2021-7-19]. ISSN 0937-4477. DOI: 10.1007/s00405-014-3273-2.
- 19) HRYSOMALLIS, C. Balance Ability and Athletic Performance. *Sports Medicine* [online]. 2011, 41(3), 221-232 [cit. 2021-12-08]. ISSN 0112-1642. DOI: 10.2165/11538560-000000000-00000.
- 20) CHANDER, H. a DABBS, N. C. Balance Performance and Training Among Female Athletes. *Strength & Conditioning Journal* [online]. 2016, 38(2), 8-13 [cit. 2021-10-28]. ISSN 1524-1602. DOI: 10.1519/SSC.0000000000000204.
- 21) CHAUDHRY, H. et al. Measurement of balance in computer posturography: Comparison of methods – A brief review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* [online]. 2011, 15(1), 82-91 [cit. 2021-7-19]. ISSN 13608592. DOI: 10.1016/j.jbmt.2008.03.003.
- 22) JEMNI, M. *The science of gymnastics: advanced concepts*. 2.vyd. New York, NY: Routledge, 2018. ISBN 978-1-138-70192-2.
- 23) KENVILLE, R. et al. Effects of Short-Term Dynamic Balance Training on Postural Stability in School-Aged Football Players and Gymnasts. *Frontiers in Psychology* [online]. 2021, 12 [cit. 2021-12-07]. ISSN 1664-1078. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.767036.
- 24) KIRIALANIS, P. et al. Knee Injuries at Landing and Take-off Phase in Gymnastics. *Science of Gymnastics Journal* [online]. 2015, 7(1), 17-25 [cit. 2021-09-21]. Dostupné z: <https://eds-b-eb.scohost->

com.ezproxy.is.cuni.cz/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=650a2112-a6e3-4d1d-97e7-c9d836ca9c3b%40pdc-v-sessmgr02.

- 25) KOCHANOWICZ A. et al. Effect of systematic gymnastics training on postural control in young and adult men. *Science of Gymnastics Journal* [online]. 2017, 9(1), 5-15 [cit. 2020-08-30]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Andrzej_Kochanowicz/publication/314150000_Effects_of_systematic_gymnastic_training_on_postural_control_in_young_and_adult_men/links/58b7100592851c471d47a473/Effects-of-systematic-gymnastic-training-on-postural-control-in-young-and-adult-men.pdf.
- 26) KOCHANOWICZ, K., BORACZYŃSKA, L. a BORACZYŃSKI, T. Quantitative and Qualitative Evaluation of Motor Coordination Abilities in Gymnast Girls Aged 7-9 Years. *Baltic Journal of Health and Physical Activity* [online]. 2009, 1(1) [cit. 2021-03-09]. ISSN 2080-9999. DOI: 10.2478/v10131-009-0007-8.
- 27) KOLÁŘ, P. *Základy klinické rehabilitace*. Praha: Galén, 2015. ISBN 9788074922190.
- 28) KOLÁŘ, P. *Rehabilitace v klinické praxi*. Praha: Galén, 2009. ISBN 9788072626571.
- 29) LAING, E. M. et al. Initial Years of Recreational Artistic Gymnastics Training Improves Lumbar Spine Bone Mineral Accrual in 4- to 8-Year-Old Females. *Journal of Bone and Mineral Research* [online]. 2005, 20(3), 509-519 [cit. 2021-03-04]. ISSN 08840431. DOI: 10.1359/JBMR.041127.
- 30) LAUENROTH, A. et al. Comparison of Postural Stability and Regulation among Female Athletes from Different Sports. *Applied Sciences* [online]. 2021, 11(7) [cit. 2021-12-07]. ISSN 2076-3417. DOI: 10.3390/app11073277.
- 31) LEITNER, C. et al. Reliability of posturographic measurements in the assessment of impaired sensorimotor function in chronic low back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology* [online]. 2009, 19(3), 380–390 [cit. 2021-10-29]. DOI: 10.1016/j.jelekin.2007.09.007.
- 32) LININGER, M. R. et al. Test-Retest Reliability of the Limits 144 of Stability Test Performed By Young Adults Using Neurocom® Vsr Sport. *International Journal*

- of Sports Physical Therapy* [online]. 2018, 13(5), 800–807 [cit. 2021-10-29]. DOI: 10.26603/ijspt20180800.
- 33) MARINŠEK, M. Basic Landing Characteristics and their Application in Artistic Gymnastics. *Science of Gymnastics Journal* [online]. 2010, 2(2), 59-67 [cit. 2021-8-1]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Miha-Marinsek/publication/265995608_Basic_landing_characteristics_and_their_application_in_artistic_gymnastics/links/56937bf108aed0aed8178ed0/Basic-landing-characteristics-and-their-application-in-artistic-gymnastics.pdf.
- 34) MCCARNEY, L. et al. Determining Trendelenburg test validity and reliability using 3-dimensional motion analysis and muscle dynamometry. *Chiropractic & Manual Therapies* [online]. 2020, 28(1) [cit. 2021-7-19]. ISSN 2045-709X. DOI: 10.1186/s12998-020-00344-3.
- 35) MKAOUER, B. et al. Kinematic analysis of postural control in gymnasts vs. athletes practicing different sports. *Sport Sciences for Health* [online]. 2017, 13(3), 573-581 [cit. 2021-12-08]. ISSN 1824-7490. DOI: 10.1007/s11332-017-0383-4.
- 36) MOSHER, A., FRASER-THOMAS, J. a BAKER J. What Defines Early Specialization: A Systematic Review of Literature. *Frontiers in Sports and Active Living* [online]. 2020, 2 [cit. 2021-03-04]. ISSN 2624-9367. DOI: 10.3389/fspor.2020.596229.
- 37) NATUS MEDICAL INCORPORATED. Clinical Interpretation Guide. NeuroCom® Balance Manager® Systems. ©2013.
- 38) NATUS MEDICAL INCORPORATED. Clinical Operation Guide. NeuroCom® Balance Manager® Systems. © 2014a.
- 39) NATUS MEDICAL INCORPORATED. Instructions for use. NeuroCom® Balance Manager® Systems. © 2014b.
- 40) NATUS. Motor Control Test (MCT), NeuroCom® Balance Manager ® [online]. 2016, [cit. 2021-08-11]. Dostupné z: http://balanceandmobility.com/wp-content/uploads/018529A_NCM_MCT_datasheet_EN-US_lo-res.pdf.
- 41) NIESPODZIŃSKI, B. et al. The Neuromuscular Characteristics of Gymnasts' Jumps and Landings at Particular Stages of Sports Training. *Journal of Human*

- Kinetics* [online]. 2021, 78(1), 15-28 [cit. 2021-10-28]. ISSN 1899-7562. DOI: 10.2478/hukin-2021-0027.
- 42) NYMAN, E. Biomechanics of Gymnastics. *Gymnastics Medicine* [online]. 2020, 27-54 [cit. 2021-12-05]. ISBN 978-3-030-26287-7. DOI: 10.1007/978-3-030-26288-4_3.
- 43) OMORCZYK, J. et al. Balance in handstand and postural stability in standing position in athletes practising gymnastics. *Acta of Bioengineering and Biomechanics* [online]. 2018, 20(2), [cit. 2021-07-27]. DOI: 10.5277/ABB-01110-2018-02.
- 44) OPALA-BERDZIK, A., GŁOWACKA, M. a SŁOMKA, K. J. Characteristics of Functional Stability in Young Adolescent Female Artistic Gymnasts. *Journal of Human Kinetics* [online]. 2021, 77(1), 51-59 [cit. 2021-10-2]. ISSN 1899-7562. DOI: 10.2478/hukin-2021-0051.
- 45) PING, Q., CHAOYING, W. a WEITAO, Z. Application of SEBT on Core Training Measurement on Fin Swimming Athletes. *International Conference on Future Computer Science and Education* [online]. 2011, 344-347 [cit. 2021-7-19]. DOI: 10.1109/ICFCSE.2011.89.
- 46) ROKYTA, R. et al. *Fyziologie a patologická fyziologie pro klinickou praxi*. 1. vyd. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-4867-2.
- 47) SANDS, W. A. et al. Stretching the Spines of Gymnasts: A Review. *Sports Medicine* [online]. 2016, 46(3), 315-327 [cit. 2021-03-09]. ISSN 0112-1642. DOI: 10.1007/s40279-015-0424-6.
- 48) SARICHEV, G. Česká gymnastická federace. *O sportu SGM*. [Online] 2014. [cit. 2020-08-30]. Dostupné z: <https://www.gymfed.cz/7-o-sportu-sgm.html>.
- 49) SARICHEV, G. Česká gymnastická federace. *O sportu SGŽ*. [Online] 2017. [cit. 2020-08-30]. Dostupné z: <https://www.gymfed.cz/26-o-sportu-sgz.html>.
- 50) SKOPOVÁ, M. a ZÍTKO, M. *Základní gymnastika*. 3. vyd. Praha: Karolinum, 2013. ISBN 978-80-246-2194-4.
- 51) SOBERA, M. a RUTKOWSKA-KUCHARSKA, A. Postural Control in Female Rhythmic Gymnasts in Selected Balance Exercises: A Study of Two Cases. *Polish*

- Journal of Sport and Tourism* [online]. 2019a, 26(1), 3-7 [cit. 2021-12-08]. ISSN 2082-8799. DOI: 10.2478/pjst-2019-0001.
- 52) SOBERA, M., SERAFYN, R. a RUTKOWSKA-KUCHARSKA, A. Stabilometric Profile of Handstand Technique in Male Gymnast. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*. [online]. 2019b, 21(1), 63-71 [cit. 2021-10-3]. DOI: 10.5277/ABB-01267-2018-02.
- 53) SOUKUP, P. P a D (statistická a věcná významnost a jejich praktické užívání v českých sociálních vědách). Disertační práce. 2017, [cit. 2021-08-04]. Dostupné z: <https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/83788/140057192.pdf?sequence=1>.
- 54) SOUKUP, P. Substantive significance and it's measures. *Data and Research – SDA Info* [online]. 2013, 127(2) [cit. 2021-8-17]. ISSN 23362391. DOI: 10.13060/23362391.2013.127.2.41.
- 55) STEVENS, W. R., JO, C. a TULCHIN-FRANCIS, K. Clinically derived biomechanical criteria for the Trendelenburg test. *Clinical Biomechanics* [online]. 2020, 78 [cit. 2021-7-19]. ISSN 02680033. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2020.105066.
- 56) SWEENEY, E. A. et al. Low back pain in female adolescent gymnasts and functional pain scales. *Physical Therapy in Sport* [online]. 2019, 38, 66-70 [cit. 2021-12-08]. ISSN 1466853X. DOI: 10.1016/j.ptsp.2019.04.019.
- 57) ŠALAJ, S., MILČIĆ, L. a ŠIMUNOVIĆ, I. Differences in motor skills of selected and non-selected group of children in artistic gymnastics. *Kinesiology* [online]. 2019, 51(1), 133-140 [cit. 2021-8-3]. ISSN 1848638X. DOI: 10.26582/k.51.1.16.
- 58) THOMAS, R. E. a THOMAS, B.C. A systematic review of injuries in gymnastics. *Physician and Sport Medicine* [online]. 2018, 47(1), 96-121 [cit. 2021-02-25]. DOI: 10.1080/00913847.2018.1527646.
- 59) TILLEY, D. a JAMES, D. A. Rehabilitation of Gymnasts. *Gymnastics Medicine* [online]. 2020, 233-290 [cit. 2021-8-1]. ISBN 978-3-030-26287-7. DOI: 10.1007/978-3-030-26288-4_11.
- 60) VAŘEKA, I. a VAŘEKOVÁ, R. *Kineziologie nohy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2009. ISBN 978-80-2442-432-3.

- 61) VAŘEKA, I. Posturální stabilita (II. část). Řízení, zajištění, vývoj, vyšetření. *Rehabilitace a fyzikální lékařství*. 2002, 9(4), 122-129. ISSN 1211-2658.
- 62) VÉLE, F. a PAVLŮ, D. The test according to Véle or the Véle-test. *Rehabilitace a Fyzikalni Lekarstvi* [online]. 2012, 19(2), 71–73 [cit. 2021-7-19]. ISSN 12112658. Dostupné z: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=eeeba014-923a-4ef7-b9d6-3d1bd596a28c%40sdc-v-sessmgr03>.
- 63) VÉLE, F. *Kineziologie: přehled klinické kineziologie a patokineziologie pro diagnostiku a terapii poruch pohybové soustavy*. 2.vyd. Praha: Triton, 2006. ISBN 80-7254-837-9.
- 64) VILIKUS, Z., MACH I. a BRANDEJSKÝ, P. *Výživa sportovců a sportovní výkon*. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2064-0.
- 65) VOMÁČKOVÁ, H., PAVLŮ, D. a PÁNEK, D. Hodnocení dynamické posturální stability – tvorba referenčních hodnot pro běžnou, mladou populaci v ČR. *Rehabilitace a fyzikální lékařství* [online]. 2020, 27(2), 99-107 [cit. 2021-06-07]. Dostupné z: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=9&sid=2887f840-53e0-45dd-9e9d-91c781eaf980%40sessionmgr103>.
- 66) VUILLERME, N. et al. The effect of expertise in gymnastics on postural control. *Neuroscience Letters* [online]. 2001, 303(2), 83-86 [cit. 2021-03-07]. ISSN 03043940. DOI: 10.1016/S0304-3940(01)01722-0.
- 67) WANG, J. et al. Exploring brain functional plasticity in world class gymnasts: a network analysis. *Brain Structure & Function* [online]. 2016, 221(7), 3503-3519 [cit. 2019-12-11]. DOI: 10.1007/s00429-015-1116-6.
- 68) WU, C. et al. Strategies of elite Chinese gymnasts in coping with landing impact from backward somersault. *PeerJ* [online]. 2019, 7 [cit. 2021-7-20]. ISSN 2167-8359. DOI: 10.7717/peerj.7914.
- 69) WYATT, H. E., GITTOES, M. J. R. a IRWIN, G. Sport-specific musculoskeletal growth and postural control in female artistic gymnasts: a 12 month cohort study. *Sports Biomechanics* [online]. 2020, 19(2), 258-270 [cit. 2020-08-30]. ISSN 1476-3141. DOI: 10.1080/14763141.2018.1469662.

70) ZACCARDI, N. Olympic women's gymnastics median age in 20s for first time in decades [online]. 2021, [cit. 2021-07-27]. Dostupné z: <https://olympics.nbcsports.com/2021/07/14/olympic-gymnastics-average-age/>.

Seznam obrázků

<i>Obrázek 1 - Pozice doskoku gymnastky (Tilley, 2020)</i>	17
<i>Obrázek 2 - Jednotlivé fáze pohybu při saltu vzad s důrazem na doskok (Wu, 2019)....</i>	18
<i>Obrázek 3 - Základní gymnastický prvek - "most" (Sands, 2016)</i>	20
<i>Obrázek 4 - Anatomické struktury kolenního kloubu (Véle, 2006).....</i>	24
<i>Obrázek 5 - Směry SEBT při stoji na pravé dolní končetině (Grribble, 2012).....</i>	33
<i>Obrázek 6 - Neurocom (Natus, 2013)</i>	44
<i>Obrázek 7 - Měrné hodnoty při stoji na testovací plošině (Natus, 2013).....</i>	45
<i>Obrázek 8 - Postavení chodidel na stojné plošině (Concordia University, 2015)</i>	46
<i>Obrázek 9 - Anteriorní a posteriorní posun (Concordia University, 2015)</i>	48
<i>Obrázek 10 - Rotace plošiny (Concordia University, 2015)</i>	48
<i>Obrázek 11 - Rhythmic Weight Shift směry (Neurocom)</i>	49
<i>Obrázek 12 - Limits of Stability – znázornění směrů pohybu (Neurocom).....</i>	50

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1 - Četnost zranění (Thomas, 2018)</i>	19
<i>Tabulka 2 - Stupně testu dle Véleho (Véle, 2012)</i>	32
<i>Tabulka 3 - Rombergův stoj (Black, 1982)</i>	32
<i>Tabulka 4 - Demografické údaje experimentální a kontrolní skupiny (zdroj vlastní)</i>	40
<i>Tabulka 5 - Stupně maximálního naklonění (Natus, 2013)</i>	51
<i>Tabulka 6 - Hodnoty klinické významnosti (Cohen, 1992)</i>	53
<i>Tabulka 7 - Motor Control Test – Experimentální a Kontrolní skupina</i>	55
<i>Tabulka 8 – Motor Control Test – Se zraněním a Bez zranění</i>	56
<i>Tabulka 9 - Adaptation Test – Toes Up – Experimentální a Kontrolní skupina</i>	57
<i>Tabulka 10 - Adaptation test – Toes Down – Experimentální a Kontrolní skupina</i>	58
<i>Tabulka 11 - Adaptation Test – Toes Up – Se zraněním a Bez zranění</i>	58
<i>Tabulka 12 - Adaptation Test – Toes Down – Se zraněním a Bez zranění</i>	59
<i>Tabulka 13 - Rhythmic Weight Shift – Experimentální a Kontrolní skupina</i>	60
<i>Tabulka 14 - Rhythmic Weight Shift – Se zraněním a Bez zranění</i>	61
<i>Tabulka 15 - Limits of Stability – Experimentální a Kontrolní skupina</i>	62
<i>Tabulka 16 - Limits of Stability – Se zraněním a Bez zranění</i>	62
<i>Tabulka 17 - Unilateral Stance – Experimentální a Kontrolní skupina</i>	63
<i>Tabulka 18 - Unilateral Stance – Se zraněním a Bez zranění</i>	64

Seznam grafů

<i>Graf 1 - Průměrný věk gymnastek na OH (Jemni, 2018; Zaccardi, 2021).....</i>	<i>16</i>
<i>Graf 2 - Četnost úrazů kolenních kloubů (zdroj vlastní)</i>	<i>40</i>
<i>Graf 3 - Procentuální úspěšnost experimentální skupiny (zdroj vlastní)</i>	<i>67</i>

Seznam příloh

Příloha č. 1 – Vyjádření etické komise UK FTVS

Příloha č. 2 – Informovaný souhlas

Příloha č. 3 – Vzor anamnestického dotazníku

Příloha č. 1 – Souhlas etické komise UK FTVS

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce zahrnující lidské účastníky

Název projektu: Vliv specializace vrcholových sportovních gymnastů a gymnastek na posturální stabilitu

Forma projektu: výzkumná práce - diplomová práce

Období realizace: listopad 2020 – duben 2021

Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR.

Předkladatel: Bc. Pavlína Rampouchová, UK FTVS, katedra fyzioterapie

Hlavní řešitel: Bc. Pavlína Rampouchová, UK FTVS, katedra fyzioterapie

Místo výzkumu (pracoviště): UK FTVS kinesiologická laboratoř - katedra fyzioterapie

Spoluřešitel(é): -

Vedoucí práce (v případě studentské práce): Mgr. Helena Vomáčková, Ph.D.

Finanční podpora: -

Popis projektu: Diplomová práce se zabývá posturální stabilitou vrcholových gymnastů a gymnastek. Cílem projektu je stanovení úrovně posturální stability vrcholových gymnastů a gymnastek a porovnání získaných dat s kontrolní skupinou. Následně budou diskutovány zjištěné změny ve způsobu ovládnutí posturální stability, které jsou charakteristické pro gymnasty. Jedná se o experimentální průřezovou studii. Data jednotlivých probandů budou získána pomocí dynamického počítačového posturografu NeuroCom Smart EquiTest System, který vyhodnotí posturální stabilitu jedince během vyšetření rovnovážných schopností ve stoje.

Charakteristika účastníků výzkumu: Výzkumu se zúčastní 20 probandů ve věku od 18 do 26 let. Podmínkou je členství v týmu 1. ligy nebo extraligy mužů či žen ve sportovní gymnastice, schopnost výkonu vrcholového sportu. Všichni probandi mají platnou zdravotní prohlídku. Výzkumu se nesmí zúčastnit proband, trpící infekčním, neurologickým či ortopedickým onemocněním, akutním zraněním či jakýmkoliv omezením týkajícím se pohybového aparátu nebo proband, který je momentálně ve stádiu rekonvalescence po zranění či nemoci. Výběr probandů provede hlavní řešitel projektu ve spolupráci s vedoucí práce. Pro provedení výběru hlavní řešitel osloví probandy pomocí soukromých zpráv na sociálních sítích nebo osobně pomocí rozhovoru.

Zajištění bezpečnosti: Jedná se o neinvazivní metodu. Budou zajištěny adekvátní podmínky prostředí k provádění aktivit v rámci daného výzkumu. Bezpečnost bude zajištěna standardním způsobem. Během vyšetření na posturografu může vzniknout riziko poruchy rovnovážných schopností, ztráty stability až pád. Proto bude během testování v rámci minimalizace možných rizik proband zajištěn bezpečnostními pásy a bude přítomen odborný dozor, Mgr. Helena Vomáčková, Ph.D. a zaměstnanci laboratoře. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu.

Etické aspekty výzkumu: Všichni účastníci výzkumu budou zletilí, z nevulnerabilních skupin.

Potenciální střet zájmů: Hlavní řešitel výzkumu není ve střetu zájmů, není v projektu finančně zainteresován a celkový výzkum nevede k jeho osobnímu prospěchu. Skutečnost, která by mohla ovlivnit integritu a důvěryhodnost výzkumu ze strany hlavního řešitele neexistuje. Výzkum je prováděn pomocí přístroje, který provede měření, a následně z něj budou naměřená data odebrána. Hlavní řešitel nemá žádný vztah k výrobci přístroje. Jedná se o čistě vědeckou práci, která nemá žádného zadavatele.

Ochrana osobních dat: Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. o zpracování osobních údajů. Budou získávány následující osobní údaje: pohlaví, věk, posturální stabilita naměřená na posturografu, které budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim budu mít já, Bc. Pavlína Rampouchová. Uvědomuji si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby – budu dbát na to, aby jednotliví účastníci nebyli rozpoznatelní v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou do 1 dne po testování anonymizována. Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.

Požizování fotografií/videl/audio nahrávek účastníků: Během výzkumu nebudou pořizovány žádné fotografie, audionahrávky ani videozáznamy.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Text informovaného souhlasu (IS): přiložen

Povinností všech účastníků výzkumu na straně řešitele je chránit život, zdraví, důstojnost, integritu, právo na sebezáchovu, soukromí a osobní data zkoumaných subjektů, a podniknout k tomu veškerá preventivní opatření.

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikdy na zkoumaných, byť dali svůj souhlas k účasti na výzkumu.

Všichni účastníci výzkumu na straně řešitele musí brát v potaz etické, právní a regulační normy a standardy výzkumu na lidských subjektech, které platí v České republice, stejně jako ty, jež platí mezinárodně.

Potvrzují, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi UK FTVS revizovanou žádost.

V Praze dne: 23.11.2020

Podpis předkladatele:



Datum a podpis odpovědného pracovníka z místa výzkumu:

Vyjádření Etické komise UK FTVS

Složení komise: **Předsedkyně:** doc. PhDr. Irena Parry Martínková, Ph.D.

Členové: prof. MUDr. Jan Heller, CSc.

prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.

Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.

Mgr. Tomáš Ruda, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: *169/2020*

dne: *23. 11. 2020*

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a **neshledala rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro provádění výzkumu zahrnujícího lidské účastníky.

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise UK FTVS.

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6
Etická komise UK FTVS
- 20 -



podpis předsedkyně EK UK FTVS

Příloha č. 2 – Informovaný souhlas

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

INFORMOVANÝ SOUHLAS

Vážený pane, vážená paní,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (*jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicině č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné*), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu na UK FTVS v rámci diplomové práce s názvem Vliv specializace vrcholových sportovních gymnastů a gymnastek na posturální stabilitu prováděné na FTVS UK v kinesiologické laboratoři katedry fyzioterapie.

Projekt bude probíhat v období: listopad 2020 – duben 2021.

Cílem výzkumného projektu je: stanovení úrovně posturální stability vrcholových gymnastů a gymnastek, porovnání získaných dat s kontrolní skupinou, stanovení odlišností ve způsobu ovládání posturální stability charakteristickém pro gymnasty.

Způsob zásahu bude neinvazivní. Budete se účastnit vyšetření na dynamickém posturografu, který bude dle nastaveného programu hodnotit Vaši schopnost udržení stability ve stoji. Nejprve Vám bude připnut bezpečnostní pás, poté se postavíte na testovací plochu bez ponožek a začne probíhat vyšetření. Vyšetření se skládá z testovací sady sedmi testů, které pomocí specifických pohybů a posunů testovací plošiny či okolního prostředí, vyšetří Vaši posturální stabilitu a schopnost reagovat na změnu polohy těla, vyvolanou změnou zevního prostředí.

Zúčastníte se jednoho vyšetření, které bude trvat přibližně 1 hodinu a bude jednorázové.

Budou Vám zajištěny adekvátní podmínky prostředí k provádění aktivit v rámci daného výzkumu. Bezpečnost výzkumu bude zajištěna standardním způsobem. Během vyšetření na posturografu může vzniknout riziko poruchy rovnovážných schopností, ztráty stability až pád. Proto budete během testování v rámci minimalizace možných rizik zajištěni/a bezpečnostními pásy a bude přítomen odborný dozor, Mgr. Helena Vomáčková, Ph.D. a zaměstnanci laboratoře. Možná rizika, která by během vyšetření mohla nastat, nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Do projektu nemůžete být zařazen, pokud trpíte akutním zejména infekčním onemocněním nebo jakýmkoliv onemocněním či poruchou pohybového aparátu, nebo se momentálně nacházíte ve stavu rekonvalescence po úrazu či nemoci. Dále se nemůžete výzkumu zúčastnit, pokud nejste člen/ka 1. ligy nebo extraligy mužů či žen ve sportovní gymnastice nebo nejste schopn/a výkonu vrcholového sportu. Výzkum bude realizován v souladu s platnými epidemiologickými opatřeními Ministerstva zdravotnictví ČR.

Vaše účast v projektu je dobrovolná a nebude finančně ohodnocená.

Přínosem tohoto výzkumného projektu pro Vás bude zjištění Vaší posturální stability, tj. stability Vašeho těla v prostoru a jeho schopnosti reagovat na změnu zevních a vnitřních sil.

S celkovými výsledky a závěry výzkumného projektu se můžete seznámit na e-mailové adrese: pavlina.ram@outlook.cz

Data budou shromažďována a zpracovávána v souladu s pravidly vymezenými nařízením Evropské Unie č. 2016/679 a zákonem č. 110/2019 Sb. – o zpracování osobních údajů. Budou získávány následující osobní údaje: pohlaví, věk, posturální stabilita naměřená na posturografu, které budou bezpečně uchovány na heslem zajištěném počítači v uzamčeném prostoru, přístup k nim budu mít já, Bc. Pavlína Rampouchová. Uvědomuji si, že text je anonymizován, neobsahuje-li jakékoli informace, které jednotlivě či ve svém souhrnu mohou vést k identifikaci konkrétní osoby – budu dbát na to, aby jednotliví účastníci nebyli rozpoznatelní v textu práce. Osobní data, která by vedla k identifikaci účastníků výzkumu, budou do 1 dne po testování anonymizována. Získaná data budou zpracovávána, bezpečně uchována a publikována v anonymní podobě v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS.

V průběhu výzkumu nebudou pořizovány fotografie, nahrávky ani videa.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín

Jméno a příjmení předkladatele hlavního řešitele projektu Bc. Pavlína Rampouchová
Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení: Bc. Pavlína Rampouchová Podpis:

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl(a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se účasti ve výzkumu a že jsem dostal(a) jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. **Potvrzuji, že mám platnou zdravotní prohlídku.** Byl(a) jsem poučen(a) o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu. Dále potvrzuji, že mi byl předán jeden originál vyhotovení tohoto informovaného souhlasu.

Místo, datum

Jméno a příjmení účastníka Podpis:

Příloha č. 3 – Vzor anamnestického dotazníku

Anamnestický dotazník – sportovní gymnasté

- Jméno a příjmení:
- Datum narození:
- Sportovní klub / tělocvičná jednota:
- Počet let výkonu sportovní gymnastiky:
- Tréninkové zatížení za týden:
- Regenerace za týden:
- Úrazy kolene (menisky/vazy/čéška):
.....
- Úrazy jiných částí těla:.....
.....
- Závodí za: Extraliga /1. liga
- Lateralita: pravák/levák
- Odrazová noha: pravá/levá